

Attorney's Docket No.: 460-010309-US(PAR)

PATENT



IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Express Mail No.: EL627426425US

In re application of: ALASTALO et al.

Group No.:

Serial No.: 0 /

Filed: Herewith

Examiner:

For: A METHOD FOR ARRANGING COMMUNICATION BETWEEN TERMINALS AND AN ACCESS POINT IN A COMMUNICATION SYSTEM

Commissioner of Patents and Trademarks  
Washington, D.C. 20231

TRANSMITTAL OF CERTIFIED COPY

Attached please find the certified copy of the foreign application from which priority is claimed for this case:

Country : Finland  
Application Number : 20001133  
Filing Date : 12 May 2000

**WARNING:** "When a document that is required by statute to be certified must be filed, a copy, including a photocopy or facsimile transmission of the certification is not acceptable." 37 CFR 1.4(f) (emphasis added.)

SIGNATURE OF ATTORNEY

Reg. No.: 24,622

Clarence A. Green

Tel. No.: (203) 259-1800

Type or print name of attorney

Perman & Green, LLP

Customer No.: 2512

P.O. Address

425 Post Road, Fairfield, CT 06430

NOTE: The claim to priority need be in no special form and may be made by the attorney or agent if the foreign application is referred to in the oath or declaration as required by § 1.63.

(Transmittal of Certified Copy [5-4])

PATENTTI- JA REKISTERIHALLITUS  
NATIONAL BOARD OF PATENTS AND REGISTRATION

Helsinki 5.3.2001

ETUOIKEUSTODISTUS  
PRIORITY DOCUMENT



Hakija  
Applicant

Nokia Mobile Phones Ltd  
Espoo



Patenttihakemus nro  
Patent application no

20001133

Tekemispäivä  
Filing date

12.05.2000

Kansainvälinen luokka  
International class

H04B

Keksinnön nimitys  
Title of invention

"Menetelmä päätelaitteiden ja yhteysaseman välisen tiedonsiirron  
järjestämiseksi tiedonsiirtojärjestelmässä"

Täten todistetaan, että oheiset asiakirjat ovat tarkkoja jäljennöksiä  
patentti- ja rekisterihallitukselle alkuaan annetuista selityksestä,  
patenttivaatimuksista, tiivistelmästä ja piirustuksista.

This is to certify that the annexed documents are true copies of the  
description, claims, abstract and drawings originally filed with the  
Finnish Patent Office.

  
Pirjo Kalla  
Tutkimussihteeri

Maksu 300,- mk  
Fee 300,- FIM

Osoite: Arkadiankatu 6 A Puhelin: 09 6939 500 Telefax: 09 6939 5328  
P.O.Box 1160 Telephone: + 358 9 6939 500 Telefax: + 358 9 6939 5328  
FIN-00101 Helsinki, FINLAND

L)

1

## Menetelmä päätelaitteiden ja yhteysaseman välisen tiedonsiirron järjestämiseksi tiedonsiirtojärjestelmässä

- 5 Nyt esillä oleva keksintö kohdistuu oheisen patenttivaatimuksen 1 johdanto-osan mukaiseen menetelmään päätelaitteiden ja yhteysaseman välisen tiedonsiirron järjestämiseksi tiedonsiirtojärjestelmässä. Lisäksi keksintö kohdistuu oheisen patenttivaatimuksen 37 mukaiseen tiedonsiirtojärjestelmään, ja oheisen patenttivaatimuksen 38 mukaiseen yhteysasemaan.
- 10 Paikkajako-monipääsytekniikalla (SDMA, Space Division Multiple Access) tarkoitetaan tekniikkaa, jolla samanaikaisesti voidaan siirtää informaatiota tukiaseman ja useamman kuin yhden päätelaitteen, kuten langattoman viestimen välillä. Eräs tunnettu menetelmä paikkajako—
- 15 älykkäiden antennien (smart antennas) käyttö. Älykäs antenni koostuu useammasta kuin yhdestä antennielementistä eli antenniryhmästä ja menetelmästä (esimerkiksi digitaalisen signaalinkäsittelyn algoritmista), jolla antenniryhmää pyritään hyödyntämään optimaalisella tavalla. Eri
- 20 elementeillä lähetettävien (elementeistä vastaanotettavien) signaalien amplitudeja ja vaiheita säätämällä antenniryhmän suuntakuviota voidaan säätää siten, että lähetys ja vastaanotto saadaan kohdennetuksi haluttuun paikkaan. Kohdennuksen tarkkuus riippuu käytettyjen algoritmien lisäksi mm. antennielementtien tyypistä, lukumäärästä ja niiden geometrisesta sijoittelusta. Lisäksi älykkäällä
- 25 antennilla voidaan samanaikaisesti kohdentaa eri signaaleita eri paikoissa sijaitseville päätelaitteille.
- Aikajakoisella kaksisuuntaisella yhteydellä (TDD, Time Division Duplex) tarkoitetaan sellaista tiedonsiirtoyhteyttä, jossa kaksi tiedon-
- 30 siirtolaitetta, kuten tukiasema ja päätelaite, kommunikoivat keskenään siten, että lähetys ja vastaanotto suoritetaan samalla kanavataajuudella, mutta eriaikaisesti. Aikajakoiseen monipääsytekniikkaan (TDMA, Time Division Multiple Access) perustuvassa järjestelmässä voi olla samanaikaisesti useita tiedonsiirtoyhteyksiä, jolloin erottelu eri tiedon-

- siirtoyhteyksien välillä tehdään ajallisesti, eli kullakin tiedonsiirtoyhteydellä lähetetään informaatiota tälle yhteydelle varatussa aikavälissä. Tällöin muissa samaa kanavataajuutta käyttävissä tiedonsiirtoyhteyksissä ei lähetetä informaatiota. Eräs aikajakoiseen monipääsytekniikkaan perustuva järjestelmä, jossa sovelletaan aikajakoista kaksisuuntaista tiedonsiirtoa, on HIPERLAN/2-tiedonsiirtojärjestelmä. HIPERLAN/2-tiedonsiirtojärjestelmä on tarkoitettu mm. langattomia lähiverkkoja (WLAN, Wireless Local Area Network) varten esimerkiksi toimistorakennuksissa käytettäväksi.
- 5
- 10 TDD-TDMA-järjestelmän eräänä epäkohtana on se, että samanaikaisesti voi vain yksi päätelaite lähettää tukiasemalle informaatiota. Vastaavasti tukiasema voi samanaikaisesti lähettää informaatiota vain yhdelle päätelaitteelle, lukuun ottamatta useille päätelaitteille tarkoitettuja yhteislähetystyksiä (broadcast), joiden avulla tukiasema voi ilmoittaa
- 15 päätelaitteille mm. sen, milloin kukin päätelaite voi suorittaa lähetystyksiä tukiasemalle.

- Paikkajakoisessa järjestelmässä tarvitaan tukiaseman antennilta rakennetta, jossa lähetys ja vastaanotto voidaan kohdentaa haluttuun paikkaan. Paikkajakoisessa järjestelmässä päätelaitteet, jotka käyttävät samaa aikajaksoa, erotetaan toisistaan päätelaitteiden paikkajälkien perusteella (spatial signatures) eli päätelaitteen ja tukiaseman välisen radiokanavan ominaisuuksien perusteella. Jokaisen päätelaitteen paikkajälki mitataan tukiasemalla tukiaseman vastaanottamasta signaalista. Paikkajäljen kannalta oleellista on millä tavalla
- 20 päätelaitteen ja tukiaseman välinen radiokanava muuttuu, kun sitä tarkastellaan tukiaseman antenniryhmän eri antennielementeistä käsin. Tavallisesti tällainen paikkajälkien estimointi perustuu ns. tunnetun opetusjakson käyttöön. Tällainen opetusjakso lähetetään päätelaitteesta lähetettävän signaalin yhteydessä. Tällöin tukiasema voi käyttää mitattuja paikkajälkiä eri päätelaitteiden erottamisessa toisistaan.
- 25
- 30

HIPERLAN/2-järjestelmässä opetusjaksoa, joka on standardoitu, käytetään radiokanavan sekä taajuus-virheen ja ajoitus-virheen estimoinnissa. Tukiaseman, jota HIPERLAN/2-järjestelmässä

nimitetään myös yhteysasemaksi, eri antennielementeistä mitattuja kanavaestimaatteja voidaan lisäksi käyttää kunkin päätelaitteen paikkajäljen arvioinnissa. TDD-järjestelmässä voidaan samoja mittaustuloksia käyttää molemmissa tiedonsiirtosuunnissa, koska  
 5 käytettävä kanavataajuus on sama näissä eri suunnissa, eli ylälinkissä päätelaitteelta tukiasemalle (uplink) ja alalinkissä tukiasemalta päätelaitteelle (downlink).

Yleisesti on oletettu, että paikkajakoisessa järjestelmässä tarvitaan erilainen opetusjakso kutakin samassa aikajaksossa palveltavaa  
 10 päätelaitetta varten. Tämä pitää paikkansa silloin, kun halutaan suorittaa ajoitus-virheen määrittäminen, taajuus-virheen määrittäminen ja kanava-estimointi samanaikaisesti kullekin samassa aikajaksossa palveltavalle päätelaitteelle. Lisäksi eri opetusjaksoilta edellytetään ortogonaali-suutta, jotta eri päätelaitteet voitaisiin erottaa toisistaan. Tämä moni-  
 15 mutkaistaa järjestelmän rakennetta, koska tarvitaan ylimääräistä signaalointia tukiaseman ja päätelaitteiden välillä opetusjakson valitsemiseksi. Lisäksi päätelaitteiden tulisi tallentaa kaikki mahdolliset opetusjaksot voidakseen käyttää niitä tarvittaessa. Edellä mainitut ehdot täyt-  
 20 tävien opetusjaksojen lukumäärä on lisäksi rajallinen, kun huomioidaan tiedonsiirtojärjestelmän ominaisuudet ja se, että mitä enemmän ope-  
 tusjaksoja käytetään, sitä enemmän vaaditaan signaalointia ja muistia päätelaitteessa ja tukiasemassa.

Nyt esillä olevan keksinnön eräänä tarkoituksena on aikaansaada paikkajakoinen tiedonsiirtojärjestelmä, jossa sovelletaan aikajakoista  
 25 kaksisuuntaista tiedonsiirtoyhteyttä ja aikajakoista monipääsytekniikkaa ja jossa on määritetty vain yksi mahdollisuus opetusjaksoksi. Nyt esillä olevan keksinnön mukaiselle menetelmälle on tunnusomaista se, mitä on esitetty oheisen patenttivaatimuksen 1 tunnusmerkkiosassa. Nyt esillä olevan keksinnön mukaiselle tiedonsiirtojärjestelmälle on lisäksi  
 30 tunnusomaista se, mitä on esitetty oheisen patenttivaatimuksen 37 tunnusmerkkiosassa. Nyt esillä olevan keksinnön mukaiselle yhteysasemalle on vielä tunnusomaista se, mitä on esitetty oheisen patenttivaatimuksen 38 tunnusmerkkiosassa. Keksintö perustuu siihen  
 35 ajatukseen, että mitattaessa tukiasemalla kanavaestimaatteja ja aika-  
 ja taajuusvirheitä ohjataan vain yksi päätelaite lähettämään opetus-

jakso ja että muut päätelaitteet eivät tänä aikana suorita lähetyksiä. Myöskään tukiasema ei lähetä muille päätelaitteille tämän mittausjakson aikana informaatiota.

- 5 Nyt esillä olevalla keksinnöllä saavutetaan merkittäviä etuja tunnetun tekniikan mukaisiin ratkaisuihin verrattuna. Keksinnön mukaisessa tiedonsiirtojärjestelmässä voidaan samanaikaisesti lähettää informaatiota yhteysaseman ja eri päätelaitteiden välillä samassa aikajaksossa. Tällöin tiedonsiirtoresurssien käyttö on tehokkaampaa kuin tunnetun tekniikan mukaisissa järjestelmissä. Lisäksi häiriöt saadaan pienemmiksi, 10 koska lähetykset ovat suurelta osin suunnattuja ja toisaalta lähetystehoa voidaan jopa pienentää. Keksinnön mukaisessa tiedonsiirtojärjestelmässä myös mahdolliset törmäykset tiedonsiirrossa vähenevät.

Keksintöä selostetaan seuraavassa tarkemmin viitaten samalla oheisiin piirustuksiin, joissa

- 15 kuva 1 esittää erästä tiedonsiirtojärjestelmää, jossa keksintöä voidaan soveltaa,
- kuva 2 esittää esimerkkiä MAC-kehysrakenteesta kuvan 1 mukaisessa tiedonsiirtojärjestelmässä,
- 20 kuva 3 esittää keksinnön erään edullisen suoritusmuodon mukaisen yhteysaseman vastaanotinlohkoa pelkistettynä lohko-kaaviona,
- kuva 4 esittää keksinnön erään edullisen suoritusmuodon mukaisen yhteysaseman lähety lohkoa pelkistettynä lohko-kaaviona,
- 25 kuva 5 esittää signaalien käsittelyä kuvan 3 mukaisessa vastaanottimessa tilanteessa, jossa kaksi päätelaitetta on tiedonsiirtoyhteydessä yhteysasemaan,

5

- kuva 6 esittää signaalien käsittelyä kuvan 4 mukaisessa lähettimessä tilanteessa, jossa samanaikaisesti lähetetään kahdelle päätelaitteelle informaatiota yhteysasemasta,
- 5 kuva 7 esittää pelkistettynä kaaviona erästä edullista esimerkkiä paikkajakoisesta ajoituksesta,
- kuva 8 esittää erästä toista edullista esimerkkiä paikkajakoisesta ajoituksesta,
- kuva 9 esittää keksinnön erään edullisen suoritusmuodon mukaista päätelaitetta pelkistettynä lohkokaaaviona, ja
- 10 kuva 10 esittää keksinnön erään edullisen suoritusmuodon mukaista yhteysasemaa pelkistettynä lohkokaaaviona.

Seuraavassa keksintöä selostetaan käyttämällä esimerkkinä tiedonsiirtojärjestelmästä kuvassa 1 pelkistettynä lohkokaaaviona esitettyä HIPERLAN/2-järjestelmää, jossa sovelletaan aikajakoista

15 kaksisuuntaista yhteyttä ja aikajakoista monipääsytekniikkaa, eli kyseessä on ns. TDD-TDMA-järjestelmä. Tiedonsiirtojärjestelmä 1 koostuu langattomista päätelaitteista MT1—MT4, yhdestä tai useammasta yhteysasemasta AP1, AP2 (Access Point) sekä yhteysaseman ohjaimesta AC1, AC2 (Access Point Controller).

20 Yhteysaseman AP1, AP2 ja yhteysaseman ohjaimen AC1, AC2 ei välttämättä tarvitse olla erillisiä yksiköitä, vaan niiden toiminnot voidaan yhdistää yhdeksi kokonaisuudeksi, josta voidaan käyttää edullisesti nimitystä yhteysasema tai tukiasema. Yhteysaseman AP1, AP2 ja langattoman päätelaitteen MT1—MT4 välille muodostetaan radioyhteys,

25 jossa siirretään mm. yhteyden muodostamisessa tarvittavia signaaleita ja yhteyden aikana informaatiota, kuten Internet-sovelluksen tietopaketteja. Yhteysaseman ohjain AC1, AC2 kontrolloi yhteysaseman AP1, AP2 toimintaa ja niiden kautta muodostettuja yhteyksiä langattomiin päätelaitteisiin MT1—MT4. Yhteysaseman ohjaimessa AC1, AC2 on

30 kontrolleri 19 (kuva 10), jonka sovellusohjelmistoon yhteysaseman toimintoja on toteutettu, kuten yhteysaseman jaksottaja (Scheduler), joka suorittaa erilaisia ajoitustoimenpiteitä sinänsä tunnetusti. Tällai-

5 sessa radioverkossa voi useita yhteysaseman ohjaimia AC1, AC2 olla tiedonsiirtoyhteydessä toisiinsa sekä muihin tietoverkkoihin, kuten Internet-tietoverkkoon, UMTS-matkaviestinverkkoon (Universal Mobile Terminal System) jne., jolloin langaton päätelaite MT1—MT4 voi kommunikoida esim. Internet-tietoverkkoon kytketyn päätelaitteen TE1 kanssa.

10 Kuvassa 2 on esitetty pelkistetyksi kuvan 1 mukaisessa tiedonsiirtojärjestelmässä 1 käytettävää kehysrakennetta. Kehys FR koostuu yleislähetysvaiheesta BC (Broadcast), jossa yhteysasema AP1, AP2 lähettää yleisiä tiedotuksia ja informaatiota meneillään olevasta kehyksestä, esimerkiksi päätelaitteille MT1—MT4 varatuista lähetys- ja vastaanottoaikajaksoista päätelaitteille MT1—MT4. Lähetysaikajaksot DL on tarkoitettu informaation lähetykseen yhteysasemalta päätelaitteille päin ja vastaavasti  
15 vastaanottoaikajaksot UL on tarkoitettu informaation vastaanottamiseksi päätelaitteilta yhteysasemalle. Kehys FR käsittää vielä satunnaissaantivaiheen RA (Random Access), jossa päätelaite, jolla ei ole varattuja resursseja tiedonsiirtoa varten, voi pyytää yhteysasemaa varaamaan yhden tai useamman aikajakson  
20 seuraavista kehyksistä kyseistä päätelaitetta varten. Päätelaitteet suorittavat myös kirjautumisen tiedonsiirtoverkkoon tämän satunnaissaantivaiheen avulla. Lisäksi satunnaissaantivaihetta käytetään tilanteessa, jossa päätelaite on suorittamassa yhteysaseman vaihtoa (handover) yhteyksien siirtämiseksi sille yhteysasemalle, johon  
25 yhteys on siirtymässä. Tällainen tilanne syntyy mm. silloin, kun päätelaite liikkuu ja yhteyden laatu käytettyyn yhteysasemaan heikkenee.

30 HIPERLAN/2-järjestelmässä, jossa käytetään orthogonaalista taajuusjakomultipleksointia (OFDM, Orthogonal-Frequency-Division-Multiplexing) opetusjaksona on kaksi identtistä, peräkkäistä OFDM symbolia (opetussymbolia), joissa jokainen 52:sta alikantoaallosta sisältää standardissa määritellyn datan. HIPERLAN/2-järjestelmässä käytetään 64 alikantoaaltotaajuutta, mutta näistä vain 52 alikantoaaltoa käytetään datan siirtoon. Näistä 52 alikantoaallosta puolestaan neljä  
35 toimii pilottikantoaaltoina kaikissa OFDM symboleissa, eli niiden



esittämä data on ennalta standardissa sovittu. Opetussymboleissa kaikki käytetyt alikantoaallot esittävät sovittua dataa. Tällöin taajuustasoinen radiokanava ( $H$ ) päätelaitteen ja tukiaseman antenniryhmän elementin  $n$  välillä alikantoaallolle  $k$  voidaan laskea esimerkiksi seuraavasti:

$$H_n[k] = \left( \frac{1}{2} \sum_{p=1}^2 x_n[k, p] \right) \times d[k]^*, \quad (1)$$

missä  $x_n[k, p]$  on antennielementistä  $n$  vastaanotettu signaali taajuustasossa alikantoaaltotaajuudella  $k=0,1,\dots,51$  vastaten  $p$ :ttä päätelaitteen opetusjaksossa lähettämää opetussymbolia,  $d[k]$  on kyseinen standardissa sovittu opetussymboli alikantoaallolla  $k$  ja yläindeksinä oleva  $*$ -merkki tarkoittaa kompleksista konjugointia. Koska radiokanavan vaikutus näkyy yleisesti aikatasossa konvoluutiona lähetetyn signaalin kanssa, vastaa tämä taajuustasossa kunkin alikantoaaltotaajuuden kohdalla kompleksista kertolaskua lähetetyn symbolin ja radiokanavan välillä. Jatkossa esitettävien vastaanottimen lohkokaavioiden avulla havainnollistetaan, kuinka vastaanotetusta aikatasoisesta signaalista päädytään taajuustasoiseen signaaliin  $x_n[k, p]$ . Painokerroinvektori, jonka kompleksikonjugaatilla tukiasemassa painotetaan eri antennielementeistä ylälinkissä ko. päätelaitteelta vastaanotettavia signaaleita tai alalinkissä eri antennielementeillä ko. päätelaitteelle lähetettäviä signaaleita, voidaan nyt määrittellä (lohko ES kuva 5) esimerkiksi taajuusriippuvana seuraavasti:

$$\bar{w}[k] = (H_0[k], H_1[k], H_2[k], \dots, H_{N-1}[k])^T, \quad (2)$$

missä yläindeksi  $T$  tarkoittaa transpoosia ja  $N$  on antennielementtien lukumäärä. Painokerroinvektoria (2) kutsutaan myös paikkajäljeksi. Painokerroinvektoria (2) voidaan käyttää sekä ylälinkissä että alalinkissä. Ylälinkkiä varten voidaan lisäksi arvioida vastaanotetun signaalin interferenssisältöä esimerkiksi muodostamalla jäännössignaali

$$r_n[k, p] = x_n[k, p] - H_n[k] \times d[k] \quad (3)$$

kumpaakin lähetettyä opetussymbolia ( $p=1,2$ ) kohti. Interferenssin poistamiseksi ylälinkin vastaanotossa voidaan nyt muokata painokerroinvektoria esimerkiksi kertomalla sitä jäännössignaalin paikkakorrelaatiomatriisin käänteismatriisilla:

$$5 \quad \bar{w}_{opt}[k] = (Q[k, p] + \gamma \times I)^{-1} \times \bar{w}[k], \quad (4)$$

missä  $Q[k, p]$  on jäännössignaalin paikkakorrelaatiomatriisi:

$$Q[k, p] = \bar{r}[k, p] \times \bar{r}[k, p]^H, \quad (5)$$

$$\bar{r}[k, p] = (r_0[k, p], r_1[k, p], r_2[k, p], \dots, r_{N-1}[k, p])^T. \quad (6)$$

10 yläindeksi  $H$  tarkoittaa kompleksikonjugaattitranspoosia,  $I$  on  $N \times N$ -yksikkömatriisi ja  $\gamma$  on pieni vakio (esimerkiksi  $\gamma = 0.01$ ) joka tekee käänteismatriisioperaation yhtälössä (4) hyvinkäyttäytyväksi. Yhtälöissä (3-6) voidaan esimerkiksi rajoittua käyttämään vain toista vastaanotettua opetussymbolia, eli esimerkiksi asettaa  $p=1$  yhtälöissä (3-4). Vaihtoehtoisesti yhtälön (4) käänteismatriisi voidaan laskea  
15 kummallekin opetussymbolille erikseen ( $p=1$  ja  $p=2$ ) ja ottaa näiden käänteismatriisien keskiarvo. Hyviä simulaatiotuloksia on saatu myös keskiarvottamalla paikkakorrelaatiomatriisi yli taajuuden, laskemalla käänteismatriisi kuten yhtälössä (4) ja lopuksi ottamalla keskiarvo yli opetussymboleiden:

$$20 \quad \bar{w}_{opt}[k] = \left\{ \frac{1}{P} \sum_{p=1}^P \left[ \left( \frac{1}{K} \sum_{k=0}^{K-1} Q[k, p] \right) + \gamma \times I \right]^{-1} \right\} \times \bar{w}[k], \quad (7)$$

missä siis  $P=2$  ja  $K=52$  HIPERLAN/2 systeemille. Edellä kuvatun kaltainen interferenssin poisto soveltuu yleisesti vain ylälinkkiin, koska alalinkin aikana TDD-TDMA järjestelmässä ovat yleisesti läsnä eri interferenssilähteet. Alalinkissa käytetäänkin siis esimerkiksi  
25 alkuperäisiä painokertoimia  $\bar{w}[k]$ .

Yhteysaseman käyttäessä paikkajakoa (SDMA) esimerkiksi yhtäaikaiseen lähetykseen  $M$ :lle eri päätelaitteelle, muokataan (lohko SC kuva 5) yleisesti päätelaitteiden paikkajälkiä, eli

9

- 5 painokerroinvektorin painokertoimia  $\overline{w}_m[k]$  muotoon  $\overline{w}'_m[k]$  siten, että painotettaessa päätelaitteelle  $a=1,2,\dots,M$  tarkoitettua signaalia painokertoimilla  $\overline{w}'_a[k]$  päätelaitteen  $a$  vastaanottama teho on mahdollisimman suuri ja samanaikaisesti muiden samanaikaisesti palveltavien päätelaitteiden ko. lähetyksestä vastaanottama teho on mahdollisimman pieni. Voidaan siis vaatia esimerkiksi, että:

$$\overline{w}'_a{}^H[k] \cdot \overline{w}_b[k] = \delta_{a,b} \quad \forall k, \quad (8)$$

- 10 missä  $\delta_{a,b}$  on Kroneckerin delta ja  $\forall k$  tarkoittaa, että ehto on voimassa erikseen kaikille alikantootaajuuksille. Tämä ehto saadaan täytettyä esimerkiksi pseudoinverssiä käyttämällä:

$$A_{sdma}[k] = (A[k]^+)^H, \quad (9)$$

missä yläindeksi + tarkoittaa pseudoinverssiä ja  $N \times M$ -matriisit  $A[k]$  ja  $A_{sdma}[k]$  on määritelty:

$$A[k] = (\overline{w}_1[k], \overline{w}_2[k], \dots, \overline{w}_M[k]) \quad (10)$$

- 15 ja

$$A_{sdma}[k] = (\overline{w}'_1[k], \overline{w}'_2[k], \dots, \overline{w}'_M[k]) \quad (11)$$

- 20 Vastaava muokkaus vastaanotossa tarkoittaa sitä, että kombinoitaessa vastaanotettu signaali painokertoimilla  $\overline{w}'_a[k]$  päätelaitteen  $a$  lähettämä signaali vahvistuu mahdollisimman paljon kun taas toisten samanaikaisesti lähettävien päätelaitteiden lähettämä signaali heikkenee mahdollisimman paljon. Toisin sanoen päätelaitteen  $a$  lähettämä signaali summautuu painokertoimilla  $\overline{w}'_a[k]$  painotettaessa eri antennielementeiltä mahdollisimman koherentisti, kun taas muiden samanaikaisesti lähettävien päätelaitteiden signaalit summautuvat
- 25 mahdollisimman epäkoherentisti.

Älykkään antennin käyttö soveltuu parhaiten päätelaitteen ja yhteysaseman väliseen kahdenkeskiseen tiedonsiirtoon. Sen sijaan yleislähetykset tai sellaiset lähetykset, jotka on tarkoitettu useamman

10

päätelaitteen vastaanotettaviksi, on: dullista suorittaa käyttämällä vain yhtä älykkään antennin antennielementeistä. Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää sellaista erillistä antennia, jonka suuntakuvio kattaa koko yhteysaseman palvelualueen. Käytännössä tämä merkitsee sitä, että

5 antennikonfiguraatiota muutetaan siirryttäessä kehyksessä yleisvaiheesta lähetysaikajaksoihin. Vastaavasti satunnaissaantivaiheessa yhteysaseman tulisi vastaanottaa signaaleja mahdollisimman laajalta alueelta, koska yhteysasemalla ei ole tiedossa sellaisen päätelaitteen paikkajälkeä, joka ei ole kirjautuneena

10 verkkoon. Tällöin myös satunnaissaantivaiheessa käytetään sopivimmin ympärisäteilevää antennikonfiguraatiota tai vastaanotetaan signaali vain yhdestä antennielementistä. Kuitenkin tässä satunnaissaantivaiheessa yhteysasema voi myös vastaanottaa ja tallentaa kaikkien eri elementtien signaalit, jolloin tallennettuja

15 signaaleja voidaan jatkossa käyttää päätelaitteen paikkajäljen estimoinnissa.

Yhteysasema suorittaa päätelaitteiden MT1—MT4 paikkajälkien mittaustoimenpiteet ja tietojen tallennuksen muistiin vastaanottovaiheessa ja/tai satunnaissaantivaiheessa. Näitä tietoja

20 voidaan käyttää samassa lähetysvaiheessa ja seuraavien kehyksien vastaanotto- ja lähetysvaiheissa, koska niissä käytettävät taajuudet ovat olennaisesti samat, ja myös siitä syystä, että tässä oletetaan kanavan muuttuvan suhteellisen hitaasti verrattuna kehyksen pituuteen. Tällöin, mikäli päätelaitteelle on suoritettu paikkajäljen

25 estimointi, voi yhteysasema käyttää näitä tietoja suorittaessaan tiedonsiirtoa seuraavan kerran tähän päätelaitteeseen, mikäli yhteysasema katsoo tietojen olevan vielä riittävän luotettavia. Tarvittaessa paikkajäljen estimointi voidaan suorittaa uudestaan.

Normaalissa älyantennitoiminnassa (vastakohtana

30 paikkajakotoimintaan), jossa yhteysaseman ja ainoastaan yhden päätelaitteen välillä siirretään samanaikaisesti informaatiota, ei yhteysasemalla tarvitse tallentaa ajoitusvirhe-estimaatteja eikä myöskään taajuusvirhe-estimaatteja, vaan nämä voidaan estimoida kustakin vastaanotetusta lähetyksestä erikseen. Myös radiokanava (ja

35 siis paikkajälki) voidaan estimoida kustakin vastaanotetusta

lähetyksestä erikseen. Paikkajälki kuitenkin sopivimmin tallennetaan yhteysasemalla normaalissakin älyantennitoiminnassa alalinkkivaiheessa käytettäväksi.

- 5 Mikäli paikkasuodatus (spatial filtering) suoritetaan aikatasossa, ennen kuin yhteysasema vastaanottovaiheessa estimoii kunkin päätelaitteen ajoitus- ja taajuusvirheet, ei myöskään paikkajakotekniikan yhteydessä yhteysasemassa tarvitse tallentaa aika- ja taajuusvirhe-estimaatteja, vaan ainoastaan paikkajäljet myöhemmin käytettäväksi normaalissa älyantennilähetyksessä sekä paikkajakoisessa vastaanotossa ja
- 10 lähetyksessä. Tämä pätee, vaikka vain yksi opetusjakso olisi käytössä. Tämä johtuu siitä että aika- ja taajuusvirheet voidaan estimoida jo kombinoituna (paikkasuodatetusta) signaalista. Paikkajäljen estimointi aikatasossa voidaan esimerkiksi suorittaa hyvin tunnetulla RLS algoritmilla (Recursive Least Squares). Vaihtoehtoisesti voidaan
- 15 esimerkiksi konstruoida aikatazon paikkajälki taajuustason kanavaestimaattien pohjalta. Tämä voidaan tehdä esimerkiksi joko keskiarvottamalla ylitse taajuuden tai Fourier-käänteismuunnoksella, jolloin kombinointi aikatasossa tapahtuu antennikohtaisilla Fourier-käänteismuunnoksen tuottamilla FIR-suotimilla.
- 20 Sellaisissa tiedonsiirtojärjestelmissä, joissa käytetään orthogonaalista taajuusjakomultipleksointia (OFDM, Orthogonal-Frequency-Division-Multiplexing), kuten HIPERLAN/2, suoritetaan älykkään antennin ohjaustoiminnot edullisesti taajuustasossa. Tässäkin tapauksessa yhteysasema estimoii kunkin päätelaitteen ajoitus- ja taajuusvirheet
- 25 sopivimmin aikatasossa, eli vastaanotossa jo ennen paikkasuodatusta. Vastaanotettaessa yhtäaikaaisesti useamman päätelaitteen lähetystä, joilla on erilaiset aika- ja taajuusvirheet, ei näitä virheitä ole mahdollista estimoida ennen paikkasuodatusta. Näin ollen paikkajaon mahdollistamiseksi on yhden opetusjaksovaihtoehdon systeemeissä
- 30 paikkajäljen lisäksi syytä tallentaa myös aika- ja taajuusvirhe-estimaatit tilanteessa, jossa ko. päätelaitteelta vastaanotetaan opetusjakso siten, että samanaikaisesti ei vastaanoteta lähetystä muilta päätelaitteilta.

Kuvassa 3 on esitetty keksinnön erään edullisen suoritusmuodon mukaisen yhteysaseman vastaanotinlohkoa RX pelkistettynä

12

lohkokaaviona. Vastaanotinlohko on tarkoitettu OFDM-moduloitujen signaalien vastaanottamiseen. Päätelaitteiden lähettämät OFDM-moduloidut signaalit vastaanotetaan eri antennielementeissä. Jokaista älykkään antennin antennielementtiä varten on järjestetty

5 vastaanotinlohko, joka käsittää suurtaajuusosan RF1, RF2, RFn, analogia-digitaalimuuntimen AD1, AD2, ADn, korjauslohkon E1, E2, En, aika-taajuusmuuntimen FFT1, FFT2, FFTn, kuten nopean Fourier-muuntimen, ja radiokanavan estimointilohkon w1, w2, wn.

10 Suurtaajuusosassa RF1, RF2, RFn suurtaajuinen signaali muunnetaan yhdelle tai useammalle välitaajuudelle, tai signaali voidaan muuntaa suoraan kantataajuiseksi signaaliksi. Tämän jälkeen analoginen signaali muunnetaan digitaalseksi analogia-digitaalimuuntimessa AD1, AD2, ADn. Korjauslohkossa E1, E2, En estimoidaan ja korjataan

15 päätelaitteen aika- ja taajuusvirheet. Tämä suoritetaan edullisesti edellä esitettyjen kaavojen (1)–(11) avulla, mutta on selvää, että nyt esillä olevan keksinnön yhteydessä myös muita menetelmiä voidaan soveltaa paikkajälkien määrittämisessä sekä aika- ja taajuusvirheiden sekä kanavakorjauksissa. Tässä on huomattava se, että aika- ja taajuusvirheen korjaus tulisi olla sama kaikissa vastaanotinhaaroissa

20 silloin kun eri haarat on synkronoitu keskenään. Näin ollen aika- ja taajuusvirhe-estimaatteja voidaan parantaa esimerkiksi keskiarvottamalla eri antennihaarojen estimaatit. Korjausten suorittamisen jälkeen signaalit muunnetaan taajuustasoon aika-taajuusmuuntimessa FFT1, FFT2, FFTn. Yhteysasemassa AP1, AP2

25 suoritetaan radiokanavan estimointi kullekin antennihaaralle erikseen. Radiokanavasta saadaan paikkajälki, jota käytetään kombinointivaiheessa C signaalien painottamiseen ja yhdistämiseen. Ylälinkissä voidaan lisäksi estimoida signaalin interferenssisisältö ja suorittaa interferenssin vaimennus edullisesti suodattamalla

30 (poissuodatus). Paikkajälkeä voidaan käyttää alalinkkivaiheen lähetyksessä kuitenkin pääsääntöisesti ilman interferenssin poissuodatusta, koska ylälinkin ja alalinkin interferenssilähteet eivät yleisesti ole samat. Yhdistelyn (kombinoinnin) jälkeen voidaan suorittaa uusi kanavaestimointi (H) toisessa estimointilohkossa S ja korjaus

35 kanavakorjaimessa EQ. Kanavakorjattu signaali dekodataan dekodaimessa DEC päätelaitteesta lähetetyn signaalin selvittämiseksi. Vastaanotinlohko RX välittää kanavasuodatustermien

13

perusteella muodostetun paikkajäljen lähetinlohkoon TX käytettäväksi tiedonsiirrossa yhteysasemalta päätelaitteeseen päin.

5 Vaikka edellä on esitetty yhdistelylohko C sijoitettuna taajuustasoon heti kanavaestimointilohkon w1, w2, wn jälkeen, voidaan yhdistelylohko sijoittaa myös joko aikatasoon ennen aika- ja taajuusvirheen korjauslohkoja E1, E2, En, jolloin aika- ja taajuusvirheiden korjaus sekä kanavaestimointi suoritetaan yhdistetylle signaalille, tai vaihtoehtoisesti kanavakorjaimen EQ jälkeen. Tässä jälkimmäisessä vaihtoehdossa kanavakorjaukset suoritetaan siis kullekin vastaanottolohkolle erikseen,  
10 minkä jälkeen vasta signaalit yhdistetään dekoodausta varten.

15 Kuvassa 4 on esitetty keksinnön erään edullisen suoritusmuodon mukaisen lähetinlohkon rakennetta pelkistettynä lohkoakaaviona. Yhteysasemalta AP1, AP2 päätelaitteelle MT1—MT4 lähetettävät bitit koodataan ja moduloidaan koodaus- ja modulointilohkossa M. Tämän jälkeen moduloitu signaali johdetaan antennisovittimelle W, jossa suoritetaan moduloidun signaalin painotus ja jakaminen eri lähetyshaaroihin sen paikkajäljen perusteella, jonka vastaanotinlohko RX on lähetinlohkolle TX välittänyt ja joka perustuu suoritettuihin kanavaestimoointeihin. Tällä pyritään maksimoimaan halutun  
20 päätelaitteen vastaanottama teho. Kukin lähetyshaara käsittää edullisesti taajuus-aikamuuntimen IFFT1, IFFT2, IFFTn, jolla signaali muunnetaan aikatasoon. Lisäksi lähetyshaaroissa on digitaali-analogiamuunnin DA1, DA2, DAn digitaalisen signaalin muuntamiseksi analogiseksi, ennen kuin signaali johdetaan lähetyshaaran  
25 suurtaajuusosaan RF1, RF2, RFn ja antenniin ANT1, ANT2, ANTn.

Edellä kuvatussa vastaanotinlohkossa RX voidaan mm. aika-taajuusmuuntimet toteuttaa myös yhdellä aika-taajuusmuuntimella FFT1, FFT2, FFTn, mikäli käytettävissä on riittävän nopea muunnin sekä tarvittava määrä muistia vastaanotinhaarojen korjauslohkoissa  
30 muodostetun informaation tallentamiseksi ennen aika-taajuusmuunnosta. Vastaavasti voidaan lähetyshlokkossa TX taajuus-aikamuunnokset suorittaa yhdessä, riittävän nopeassa, taajuus-aikamuuntimessa IFFT1, IFFT2, IFFTn. Myös tässä tapauksessa

yhteysasemassa AP1, AP2 on oltava riittävästi muistia aikatasoon muunnettavien signaalien välialkaiseksi tallentamiseksi.

Seuraavaksi keksintöä selostetaan tilanteessa, jossa samaa lähetysvaiheen ja vastaanottovaiheen aikajaksoa käytetään yhteysaseman AP1, AP2 ja useamman kuin yhden päätelaitteen MT1—MT4 välisessä tiedonsiirrossa. Tällaista tilannetta on esitetty oheisissa kuvissa 5 ja 6. Kuva 5 esittää vastaanotintoimintaa, ja kuva 6 esittää lähetystoimintaa. Selvyyden vuoksi kuviin 5 ja 6 on merkitty vain kahden päätelaitteen palvelemisessa tarvittavat toiminnalliset lohkot, mutta toiminta on helposti laajennettavissa useampia samaa aikajaksoa käyttäviä päätelaitteita koskevaksi. Vastaanotinhaaran RX suurtaajuusosan RF1, RF2, RFn ja analogia-digitaalimuuntimen AD1, AD2, ADn toiminta vastaa olennaisesti yhden päätelaitteen tilannetta. Tämän jälkeen digitaalisiksi muunnetut signaalit välitetään korjauslohkossa E siten, että korjaukset suoritetaan erikseen näille eri päätelaitteiden signaaleille muistiin tallennettujen aika- ja taajuusvirhe-estimaattien pohjalta. Käytännön sovelluksissa tämä voidaan tehdä joko rinnakkaisesti, eli siten, että vastaanottimessa toteutetaan kutakin samanaikaisesti palveltavaa päätelaitetta kohden omat toiminnalliset lohkonsa E11, E12, tai sarjamuodossa (peräkkäin), jolloin samoja toiminnallisia osia käytetään kunkin päätelaitteen lähettämän signaalin käsittelyssä. Tämä jälkimmäinen vaihtoehto vaatii enemmän muistikapasiteettia, koska signaalien digitaaliset näytteet on tallennettava odottamaan käsittelyä. Kuvan 5 esimerkissä on sovellettu rinnakkaisen suorituksen periaatetta, jolloin korjauslohko E on jaettu kahteen eri korjausosaan E11, E12.

Ensimmäistä korjausosaa E11 käytetään ensimmäisen päätelaitteen mukaiseen aika- ja taajuusvirheen korjaukseen ja vastaavasti toista korjausosaa E12 käytetään toisen päätelaitteen mukaiseen korjaukseen. Korjaukset perustuvat tässäkin tilanteessa yhteysasemalla aikaisemmassa kehyksessä eri päätelaitteille suoritettuihin aika- ja taajuusvirhe-estimointeihin. Kussakin korjausosassa E11, E12 käytetään siis kyseiselle päätelaitteelle estimoituja ajoitus- ja taajuusvirheiden korjaustermejä. Kuvassa 3 on paksummalla viivalla merkitty ensimmäisen päätelaitteen signaalien



15

kulkua vastaanotinlohkossa RX ja vastaavasti ohuemmalla viivalla on merkitty toisen päätelaitteen signaalien kulkua vastaanotinlohkossa RX. Korjauksen suorittamisen jälkeen suoritetaan vastaanotinhaaroissa RX päätelaittekohtaisille signaaleille aika-taajuusmuunnokset FFT11, FFT12; FFT21, FFT22; FFTn1, FFTn2, minkä jälkeen kunkin  
5 päätelaitteen taajuustasoon muunnetut signaalit yhdistetään yhdistelylohkoissa C1, C2 yhdeksi päätelaittekohtaiseksi signaaliksi. Tämä tapahtuu aikaisemmassa kehyksessä estimoitujen paikkajälkien perusteella. Eri päätelaitteiden yhdistetyille signaaleille voidaan vielä  
10 suorittaa kanavaestimointi S1, S2 sekä kanavakorjaus EQ1, EQ2 ennen dekodaukseen. Dekodaimessa DEC1, DEC2 dekodataan kunkin päätelaitteen signaali käytettäväksi muissa yhteysaseman toiminnoissa, kuten signaalin lähettämiseksi edelleen tietoverkkoon.

Vastaavasti lähetintointia voidaan kuvan 6 esimerkissä esitetyllä tavalla toteuttaa pääosin kuvan 4 mukaisen lähettimen tavoin.  
15 Lisäyksenä tässä esimerkissä on signaalien koodaus- ja modulointilohkot M1, M2 kutakin samanaikaisesti palveltavaa päätelaitetta varten. Myös paikkajälkien perusteella suoritettavat korjaukset on jaettu erillisiksi lohkoiksi, mutta käytännön sovelluksissa  
20 voidaan myös lähettimen osalta soveltaa joko rinnakkaista toimintaa tai sarjamuotoista toimintaa. Koodatut ja moduloidut signaalit johdetaan kanavakompensointilohkoon W, jossa signaaleille suoritetaan kanavaestimaattien perusteella kanavakompensointi, jolloin kuhunkin antennihaaraan johdettava signaali painotetaan siten, että kukin  
25 palveltava päätelaite vastaanottaa mahdollisimman suuritehoisena itselleen tarkoitetun signaalin, mutta mahdollisimman pienitehoisena muille samanaikaisesti palveltaville päätelaitteille tarkoitetut signaalit. Kanavakompensointilohkosta W1, W2 signaalit siirretään  
30 summainlohkoon, jossa on summain SUM1, SUM2, SUMn kutakin antennihaaraa varten. Summaimessa summataan eri päätelaitteiden signaalit. Näille yhdistetyille signaaleille suoritetaan vielä taajuus-aikamuunnos taajuus-aikamuunnoslohkossa, minkä jälkeen signaalit muunnetaan analogisiksi signaaleiksi. Analogiset signaalit muunnetaan vielä radiotaajuisiksi signaaleiksi radio-osassa ja johdetaan antenniin.

16

Mainittakoon tässä yhteydessä se, että vaikka edellä oli kuvattu yhden päätelaitteen palvelua (kuvat 3 ja 4) ja useamman päätelaitteen palvelua (kuvat 5 ja 6) erillisten kaavioiden avulla, on selvää, että käytännön sovelluksissa yhteysasemilla käytetään samaa vastaanotinlohkoa ja lähetyslohkoa molemmissa tilanteissa. Tällöin voidaan toimia siten, että palveltaessa yhtä päätelaitetta kerrallaan vastaanottimessa ajoitus- ja taajuusvirheet sekä kanava estimoidaan ja korjataan sekä tallennetaan ko. estimaatit muistiin. Useampaa päätelaitetta yhtäaikaisesti palveltaessa puolestaan käytetään muistiin tallennettuja ajoitus- ja taajuusvirhe- sekä kanava estimaatteja (paikkajälkiä). Tällöin väliajoin suoritetaan ajoitus- ja taajuusvirhe- sekä kanavaestimaattien päivitys.

Keksinnön eräässä toisessa edullisessa suoritusmuodossa suoritetaan usean päätelaitteen palvelutilanteessa vastaanotossa signaalien yhdistäminen ja päätelaitteen ajoitus- ja taajuusvirheiden kompensointi analogia-digitaalimuunnoksen jälkeen aikatasossa, ennen taajuus-aikamuunnoksia. Tällöin päätelaittekohtaisia ajoitus- ja taajuusvirheiden estimaatteja ei tarvitse tallentaa muistiin. Tässä suoritusmuodossa on eräänä etuna se, että aika- ja taajuusvirheiden muutos voi olla nopeampikin kuin kanavan muutosten nopeus. Vastaavasti tällöin voidaan lähetysvaiheessa yhteysasemassa tehdä signaalien painotus vasta aikatasossa taajuus-aika – muunnoksen jälkeen.

Tiedonsiirtojärjestelmässä, jossa signaalien lähetyksessä käytetään vain yhtä opetusjaksoa, voidaan samanaikaisesti suorittaa vain yhden päätelaitteen käyttämän radiokanavan estimointi. Kuitenkin, mikäli radiokanavan ominaisuudet eivät muutu liian nopeasti ja mikäli muut relevantit ominaisuudet, kuten ajoitus- ja taajuusvirheet, pysyvät suhteellisen vakioina, voidaan paikkajako-monipääsytekniikkaa soveltaa siten, että estimoinnit suoritetaan eriaikaisesti eri päätelaitteiden osalta. Nämä estimaatit tallennetaan muistiin, jolloin niitä käytetään signaalien lähetyksessä yhteysasemalta päätelaitteeseen ja vastaavasti signaalien vastaanotossa päätelaitteelta yhteysasemalle, kunnes estimointi suoritetaan seuraavan kerran tälle päätelaitteelle. Se, kuinka usein estimointia

suoritetaan, riippuu mm. siitä, kuinka nopeasti radiokanavan ominaisuudet muuttuvat.

5 Nyt esillä olevan keksinnön mukaisessa menetelmässä eräs olennainen seikka on se, että sinä aikana, kun yhteysasema suorittaa yhden päätelaitteen ajoitus- ja taajuusvirhe-estimointeja, eivät muut päätelaitteet saa suorittaa lähetyksiä kyseiselle yhteysasemalle. Tämä merkitsee sitä, että yhteysasema varaa mitattavalle päätelaitteelle yhden tai useamman vastaanottoaikajakson UL lähetystä varten ja tarvittaessa muille päätelaitteille jonkin muun aikajakson tai  
10 aikajaksoja. HIPERLAN/2-järjestelmässä yhteysasema voi suorittaa tämän aikajaksojen varauksen itsenäisesti, muista mahdollisista yhteysasemista riippumatta. Silloin kun yhteysasema ei suorita aikavirhe-, taajuusvirhe- tai kanavaestimointeja, voi yhteysasema osoittaa useammalle päätelaitteelle samoja lähetys- ja  
15 vastaanottoaikajaksoja, mikäli päätelaitteet sijaitsevat siten, että niiden paikkajäljet ovat riittävän erilaiset. Lisäksi yhteysasema voi suorittaa mittauksia satunnaissaantivaiheen RA aikana päätelaitteen mahdollisesti lähettämästä signaalista.

20 Kuvassa 7 on esitetty pelkistettynä kaaviona esimerkkitilannetta, jossa sovelletaan paikkajakoista ajoitusta päätelaitteille osoitettavien vastaanotto- ja lähetysaikajaksojen ajoituksessa. Esimerkissä on käytetty kahta päätelaitetta, joille varatut aikajaksot on merkitty kuviin, mutta on selvää, että käytännön sovelluksissa voi yhdessä kehyksessä olla useille eri päätelaitteille osoitettuja vastaanotto- ja  
25 lähetysaikajaksoja. Kuvaan 7 viitteellä 701 merkityssä ensimmäisessä kehyksessä on päätelaitteille MT1, MT2 osoitetut vastaanottoaikajaksot 702, 703 sijoitettu ajallisesti peräkkäin, jolloin päätelaitteet MT1, MT2 eivät lähetä samanaikaisesti. Tällöin yhteysasema muuntaa ensimmäisestä päätelaitteesta MT1 vastaanotetun signaalin  
30 digitaaliseksi ja suorittaa aika- ja taajuusvirhe- sekä kanavaestimoinnin aikajakson 702 perusteella, kuten edellä on esitetty. Yhteysasema tallentaa estimointitulokset muistiin ja suorittaa vastaavat toimenpiteet toisesta päätelaitteesta MT2 aikajakson 703 aikana vastaanotetun signaalin perusteella. Sen jälkeen kun yhteysasema on suorittanut  
35 ajoitusvirhe-, taajuusvirhe- ja kanavaestimoinnit, suorittaa yhteysasema

- päättelyn sen selvittämiseksi, onko mahdollista osoittaa joillekin päätelaitteille MT1, MT2 päällekkäisiä vastaanotto- ja/tai lähetysaikajaksoja. Kuvan 7 tilanteessa yhteysasema on osoittanut kahdelle päätelaitteelle MT1, MT2 päällekkäiset lähetysaikajaksot 704, 705 sekä vastaanottoaikajaksot 706, 707. Näiden aikajaksojen pituudet eivät välttämättä ole samat, koska välitettävän informaation määrä ei välttämättä ole sama. Lisäksi estimointi voidaan suorittaa useammankin kuin yhden aikajakson ajalta, jolloin estimointitarkkuutta voidaan parantaa. Yhteysasema voi vielä seurata kanavan sekä päätelaitteiden ajoitus- ja taajuusvirheiden stabiilisuutta sen selvittämiseksi, minkä päätelaitteiden yhteyksissä on mahdollista käyttää paikkajako-monipääsytekniikkaa. Toisaalta stabiilisuusseurannan perusteella yhteysasema voi päätellä myös sen, kuinka usein on syytä suorittaa mainitut estimoinnit.
- 15 Lähetysaikajaksojen osalta yhteysaseman tarvitsee suorittaa lähinnä päätelaitteiden paikkajälkien estimointi, mutta vastaanottoaikajaksojen osalta tarvitaan lisäksi ajoitus- ja taajuusvirhe-estimointia paikkajako-monipääsytekniikan soveltamiseksi.
- 20 Samassa kehyksessä voidaan käyttää sekä yhden päätelaitteen palveluperiaatetta että paikkajakoista ajoitusta, jolloin samassa kehyksessä voi olla sellaisia aikajaksoja, joissa vain yksi päätelaite lähettää/vastaanottaa, ja sellaisia aikajaksoja, joissa kaksi tai useampia päätelaitteita lähettävät/vastaanottavat ainakin osittain samanaikaisesti. Ajoitusvirheet muuttuvat yleensä jonkin verran sen mukaan, missä kohdassa tietokehystä päätelaitteelle osoitettu aikajakso sijaitsee. Tällöin samanaikaisesti palveltavien päätelaitteiden estimoinnissa käytettävien aikajaksojen sijainti tietokehyksessä voidaan valita edullisesti olennaisesti samaksi kuin näille päätelaitteille jatkossa osoitettavien samanaikaisten lähetys- ja
- 30 vastaanottoaikajaksojen sijainti tietokehyksessä. Tämä merkitsee sitä, että eri päätelaitteiden estimointi suoritetaan eri tietokehyksissä. Vaihtoehtoisesti yhteysasema voi yrittää mallintaa päätelaitteiden ajoitus- ja taajuusvirheiden muuttumista, jolloin yhteysasema voi suorittaa useamman päätelaitteen estimoinnin yhden kehyksen aikana,
- 35 ei kuitenkaan samanaikaisesti, vaan eri aikajaksoissa. Estimoinnin ja

mallinnuksen perusteella yhteysasema voi arvioida korjauksessa käytettävät parametrit, vaikka estimointiaikajaksojen sijainti poikkeaisikin yhteydessä käytettävien aikajaksojen sijainnista.

5 Tiedonsiirtokapasiteetin maksimoimiseksi edullisesti minimoidaan aika, joissa yhteysasema palvelee vain yhtä päätelaitetta kerrallaan. Tällöin päätelaitteen lähetysten pituus estimointikehyksien vastaanottoaikajaksoissa on edullista asettaa mahdollisimman lyhyeksi. Tämä voidaan aikaansaada mm. siten, että yhteysasema lähettää päätelaitteelle ohjaussanoman tai vastaavan, joka aikaansaa  
10 sen, että päätelaite lähettää estimoinnissa käytettävässä aikajaksossa ainoastaan opetusjakson tai ns. tyhjän paketin. Lisäksi tilanteessa, jossa päätelaite lähettää vain harvoin informaatiota yhteysasemalle, voi yhteysasema ohjata päätelaitetta lähettämään ainoastaan opetusjakson tai tyhjän paketin ennen varsinaisen informaation  
15 lähetystä. Tämän vastaanotetun opetusjakson perusteella yhteysasema voi tällöin selvittää mm. päätelaitteen paikkajäljen ja asettaa antennin suuntakuvion sopivaksi. Toisaalta yhteysasema voi pyytää esim. mittaustietojen lähettämistä väliajoin, mikäli päätelaitteella on vain harvoin lähetettävää informaatiota. Esimerkiksi HIPERLAN/2-  
20 järjestelmässä päätelaite suorittaa mittauksia, kuten vastaanotetun signaalitehon mittauksia (RSS, Received Signal Strength) ja raportoi näistä yhteysasemalle.

Kuvassa 8 on esitetty vielä tilannetta, jossa yhteysasema suorittaa estimoinnin sellaisissa tietokehyksissä, joissa samanaikaisesti  
25 palvelee kahta tai useampia päätelaitteita. Tässäkin tapauksessa on edullisesti ainakin kerran suoritettu estimointi edellä kuvatulla menetelmällä, jolloin yhteysasema on selvittänyt mm. sen, mitä päätelaitteita voidaan palvele samanaikaisesti. Lisäksi yhteysasema on ajoittanut tällaisten samanaikaisesti palveltavien päätelaitteiden  
30 vastaanottoaikajaksot siten, että yksi päätelaite aloittaa lähetysten ennen muita päätelaitteita. Esimerkiksi kuvassa 8 ensimmäisessä tietokehyksessä 801 ensimmäinen päätelaite MT1 aloittaa opetusjakson lähetysten 802 ennen muiden päätelaitteiden MT2, MT3 lähetysten 803, 804 alkua. Tätä opetusjakson lähetystä on  
35 havainnollistettu tummennetulla osalla eri päätelaitteiden lähetykseen

802, 803, 804 varatuissa vastaanottoaikajaksoissa. Olennaista tässä keksinnön edullisessa suoritusmuodossa on se, että tämän ensimmäisenä lähetettävän päätelaitteen lähettäessä opetusjakson, muut päätelaitteet eivät lähetä. Kuvan 8 esimerkkitilanteessa toinen  
5 päätelaite MT2 aloittaa lähetyksen 805 ennen muiden päätelaitteiden MT1, MT3 lähetyksen 806, 807 alkua toisessa tietokehyksessä 808.

Yhteysaseman on siis kunkin päätelaitteen osalta päätettävä se, voidaanko sen osalta soveltaa paikkajako-monipääsytekniikkaa, eli voidaanko päätelaitetta palvella samanaikaisesti yhden tai useamman  
10 muun päätelaitteen kanssa. Lisäksi yhteysaseman on valittava ne päätelaitteet, joita palvellaan samanaikaisesti. Tämä valinta voidaan tehdä esim. tietokehyksittäin, tai harvemmin. Näiden päätelmien suorittamisen onnistumiseen vaikuttaa mm. se, kuinka hyvin yhteysasema pystyy selvittämään kunkin päätelaitteen paikkajäljen.  
15 Jos esimerkiksi kaksi päätelaitetta sijaitsee lähellä toisiaan samassa huoneessa, yhteysasema voi havaita näiden päätelaitteiden paikkajälkien olevan hyvin samankaltaiset. Tällöin yhteysasema voi päätellä, että niitä ei voida palvella samanaikaisesti. On selvää, että samanaikaisesti palveltavat päätelaitteet eivät välttämättä ole samoja  
20 koko ajan, vaan ne voivat vaihtua. Myös samanaikaisesti palveltavien päätelaitteiden lukumäärä voi vaihdella.

Paikkajako-monipääsytekniikan soveltamisen kannalta on edullista, että samanaikaisesti palveltavien päätelaitteiden lähetysten, eli pakettien pituudet ovat samaa suuruusluokkaa. Tällöin pakettien  
25 pituuttakin voidaan käyttää eräänä valintakriteerinä samanaikaisesti palveltavia päätelaitteita valittaessa. Toisaalta yhteysasema voi jossain määrin vaikuttaa pakettien pituuteen. Esimerkiksi pitkä paketti voidaan pilkkoa pienempiin osiin, jotka lähetetään erikseen. Tällöin jollekin toiselle päätelaitteelle tarkoitettu lyhyempi paketti voi olla tällaisen  
30 pitkän paketin osan pituinen ja ko. lyhyt paketti voidaan lähettää yhdessä pidemmän paketin osan kanssa paikkajakotoiminnalla.

Kuvassa 9 on esitetty vielä keksinnön erään edullisen suoritusmuodon mukainen päätelaite MT1 ja kuvassa 10 on esitetty keksinnön erään edullisen suoritusmuodon mukainen yhteysasema. Langaton päätelaite

21

MT1 käsittää edullisesti tietojenkäsittelytoimintoja PC sekä tiedonsiirtovälineet COM tiedonsiirtoyhteyden muodostamiseksi langattomaan lähiverkkoon. Langaton päätelaite voi olla muodostettu myös siten, että tietojenkäsittelylaitteeseen, kuten kannettavaan tietokoneeseen, on liitetty esim. lisäkortti, joka käsittää mainitut tiedonsiirtovälineet COM. Tietojenkäsittelytoiminnot PC käsittävät edullisesti suorittimen 2, kuten mikroprosessorin, mikrokontrollerin tai vastaavan, näppäimistön 3, näyttöelimen 4, muistivälineet 5, ja liitännäsvälineet 6. Lisäksi tietojenkäsittelytoiminnot PC voivat käsittää audiovälineet 7, kuten kaiuttimen 7a, mikrofonin 7b, ja koodekin 7c, jolloin käyttäjä voi käyttää langatonta päätelaitetta MT1 myös mm. puheen siirtämiseen. Langattomasta päätelaitteesta MT1 lähiverkkoon lähetettäväksi tarkoitettu informaatio siirretään edullisesti liitännäsvälineiden 6 kautta tiedonsiirtovälineisiin COM. Vastaavasti lähiverkosta 1 langattomassa päätelaitteessa MT1 vastaanotettu informaatio siirretään tietojenkäsittelytoimintoihin PC mainittujen liitännäsvälineiden 6 kautta.

Tiedonsiirtovälineet COM käsittävät edullisesti mm. antennin 30, antennikytkimen 27, radio-osan 8, kooderin 9, modulaattorin 20, demodulaattorin 21, dekodeerin 10, ohjauselimen 11 sekä referenssioskillaattorin 12. Lisäksi tiedonsiirtovälineissä COM on muistia 13 mm. tiedonsiirrossa tarvittavien lähetyksen ja vastaanottodatapuskureiden muodostamiseksi. Referenssioskillaattorilla 12 muodostetaan tarvittavat ajoitukset lähetyksen ja vastaanoton synkronoimiseksi yhteysaseman lähetykseen ja vastaanottoon, kuten jäljempänä tässä selityksessä esitetään. Referenssioskillaattoria 12 voidaan käyttää myös ohjauselimen 11 ajoitussignaalien muodostamiseen. On selvää, että referenssioskillaattorin 12 muodostamaa taajuutta ei sellaisenaan voida käyttää kanavataajuuden asettamisessa ja ohjauselimen 11 ajoitussignaalien muodostamisessa, jolloin käytännön sovelluksissa käytetään taajuuden muunnosvälineitä (ei esitetty) referenssioskillaattorin 12 taajuuden muuntamiseksi radio-osassa tarvittaviksi taajuuksiksi ja ohjauselimen 11 toiminnan ohjaukseen soveltuvaksi taajuuksi.

22

Yhteysasemassa AP1 on vastaavasti ensimmäiset tiedonsiirtovälineet 15 tiedonsiirtoyhteyden muodostamiseksi langattomiin päätelaitteisiin MT1—MT4. Keksinnön mukainen langaton lähiverkko 1 voidaan toteuttaa paikallisena lähiverkkona, josta ei ole yhteyttä ulkoisiin tietoverk-

5 koihin. Tällöin saattaa riittää yksi yhteysasema AP1, johon lähiverkon langattomat päätelaitteet MT1—MT4 ovat yhteydessä. Langattomassa lähiverkossa yhdestä tai useammasta yhteysasemasta AP1, AP2 on edullisesti järjestetty tiedonsiirtoyhteys 16 tietojenkäsittelylaitteeseen S, jota yleisesti kutsutaan palvelintietokoneeksi tai lyhyemmin

10 palvelimeksi. Tällaisessa palvelimessa on sinänsä tunnetusti keskitetynä yrityksen tietokantoja, sovellusohjelmia, jne. Käyttäjät voivat tällöin käynnistää langattoman päätelaitteen MT1 kautta palvelimelle asennettuja sovelluksia. Palvelin S tai yhteysasema AP1 voi lisäksi käsittää toiset tiedonsiirtovälineet 17 tiedonsiirtoyhteyden muodostamiseksi jo-

15 honkin muuhun tietoverkkoon, kuten Internet-tietoverkkoon tai UMTS-matkaviestinverkkoon.

Kullekin yhteysasemalle ja langattomalle päätelaitteelle on määritetty yksilöivä tunnus, jolloin yhteysasemat ovat selvillä siitä, mitä langattomia päätelaitteita kulloinkin on kytkeytyneenä yhteysasemaan. Vastaa-

20 vasti langattomat päätelaitteet erottavat eri yhteysasemien lähettämät kehykset toisistaan. Näitä tunnuksia voidaan käyttää myös sellaisessa tilanteessa, jossa langattoman päätelaitteen yhteys siirtyy yhdestä yhteysasemasta toiseen yhteysasemaan, esim. yhteyden laadun heikentymisen seurauksena.

25 Nyt esillä olevan keksinnön mukaisen menetelmän toiminnot voidaan suurelta osin toteuttaa yhteysaseman AP1, AP2 sovellusohjelmistossa, kuten kontrollerin 19 sovellusohjelmistossa ja/tai digitaalisen signaalinkäsittely-yksikön 24 sovellusohjelmistossa, joten merkittäviä muutoksia tunnetun tekniikan mukaiseen laitteistoon ei välttämättä

30 tarvita. Toisaalta osa signaalinkäsittelytoiminnoista, kuten aika-taajuusmuunnokset ja taajuus-aikamuunnokset voidaan toteuttaa myös laitteistopohjaisia ratkaisuja hyödyntäen.



23

On selvää, että nyt esillä olevaa keksintöä ei ole rajoitettu ainoastaan edellä esitettyihin suoritusmuotoihin, vaan sitä voidaan muunnella oheisten patenttivaatimusten puitteissa.

Patenttivaatimukset:

1. Menetelmä päätelaitteiden (MT1—MT4) ja yhteysaseman (AP1, AP2) välisen tiedonsiirron järjestämiseksi tiedonsiirtojärjestelmässä (1), jossa käytetään tiedonsiirtokehyksiä (FR), jotka käsittävät ainakin  
5 vastaanottoaikajaksoja (DL) tiedonsiirron suorittamiseksi päätelaitteista (MT1—MT4) yhteysasemaan (AP1, AP2), ja lähetysaikajaksoja (UL) tiedonsiirron suorittamiseksi yhteysasemalta (AP1, AP2) päätelaitteille (MT1—MT4) langattoman tiedonsiirtokanavan välityksellä, ja jossa menetelmässä  
10 päätelaitteille (MT1—MT4) on osoitettavissa yksi tai useampia aikajaksoja (702—707, 802—807) mainituista kehyksistä, tunnettu siitä, että ainakin osassa mainittuja kehyksiä (FR) osoitetaan ainakin kahdelle päätelaitteelle (MT1—MT4) ainakin osittain samanaikaisia aikajaksoja (704—707, 802—807), jolloin menetelmässä selvitetään  
15 ainakin mainittujen kahden päätelaitteen (MT1—MT4) paikkajälki, että menetelmässä suoritetaan mittauksia päätelaitteen (MT1—MT4) ajoitus- ja taajuusvirheiden ja tiedonsiirtokanavan ominaisuuksien estimoimiseksi, jotka mittaukset suoritetaan ainakin osittain päätelaitteen (MT1) yhteysasemalle (AP1, AP2) lähettämän signaalin  
20 perusteella, jolloin mainittujen mittausten tuloksia käytetään sen valitsemiseksi, mille päätelaitteille (MT1—MT4) osoitetaan samanaikaisia aikajaksoja (702—707, 802—807), ja että mainittujen mittausten aikana muut yhteysasemaan (AP1, AP2) tiedonsiirtoyhteydessä olevat päätelaitteet (MT2—MT4) ovat  
25 lähettämättä signaalia mainitulle yhteysasemalle (AP1, AP2).

2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että menetelmässä samanaikainen lähetys ja/tai vastaanotto ainakin kahdelle päätelaitteelle (MT1—MT4) toteutetaan mainitun mittaustulosten perusteella suoritettujen päätelaitteiden (MT1—MT4)  
30 valinnan perusteella.

3. Patenttivaatimuksen 1 tai 2 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että tiedonsiirtokehyksissä (FR) käytetään lisäksi satunnaissaantivaihetta (RA), jonka aikana päätelaite (MT1—MT4) voi suorittaa lähetyksiä yhteysasemaan (AP1, AP2), että yhteysasemalla

25

tallennetaan mainitussa satunnaissaantivaiheessa (RA) lähetettyjä signaaleita, ja että tallennettuja signaaleita käytetään päätelaitteen (MT1—MT4) paikkajäljen selvittämisessä.

5 4. Patenttivaatimuksen 1, 2 tai 3 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että tallennettuja signaaleita käytetään päätelaitteen (MT1—MT4) aika- ja taajuusvirheiden selvittämisessä.

5. Jonkin patenttivaatimuksen 1—4 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että mainittuja mittauksia käytetään päätelaitteen (MT1—MT4) sijainnin selvittämisessä.

10 6. Jonkin patenttivaatimuksen 1—5 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että tiedonsiirrossa päätelaitteesta (MT1—MT4) yhteysasemaan (AP1, AP2) suoritetaan ainakin seuraavat vaiheet:

- vastaanottovaihe, jossa ainakin kahdella eri antennilla vastaanotetaan päätelaitteen lähettämiä signaaleita,
- 15 - ensimmäinen korjausvaihe, jossa vastaanotetuille signaaleille suoritetaan korjaus mitattujen aika- ja taajuusvirheiden perusteella,
- ensimmäinen muunnosvaihe, jossa korjatuille signaaleille suoritetaan aika-taajuusmuunnos,
- 20 - ensimmäinen kanavaestimointivaihe, jossa taajuustasoon muunnetuille signaaleille suoritetaan kanavaestimointi ja paikkajäljen määrittäminen,
- yhdistelyvaihe, jossa signaalit yhdistetään, ja
- 25 - dekodausvaihe yhdistetyn signaalin dekodaaamiseksi päätelaitteesta (MT1—MT4) lähetetyn informaation selvittämiseksi.

7. Patenttivaatimuksen 6 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että mainittu yhdistelyvaihe suoritetaan ennen mainittua ensimmäistä korjausvaihetta.
- 5 8. Patenttivaatimuksen 6 tai 7 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että ainakin mainittu ensimmäinen muunnosvaihe suoritetaan olennaisesti samanaikaisesti eri päätelaitteisiin liittyville signaaleille.
9. Patenttivaatimuksen 6 tai 8 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että ainakin mainittu ensimmäinen muunnosvaihe suoritetaan peräkkäin eri päätelaitteisiin liittyville signaaleille.
- 10 10. Jonkin patenttivaatimuksen 6—9 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että yhdistelyvaiheen jälkeen suoritetaan lisäksi toinen kanavaestimointi- ja korjausvaihe, jossa suoritetaan tiedonsiirtokanavan ominaisuuksien estimointi yhdistetyn signaalin perusteella, ja yhdistettyä signaalia korjataan tiedonsiirtokanavan  
15 estimoitujen ominaisuuksien perusteella.
11. Patenttivaatimuksen 6—10 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että mainittu yhdistelyvaihe suoritetaan mainitun toisen kanavaestimointi- ja korjausvaiheen jälkeen.
- 20 12. Jonkin patenttivaatimuksen 6—11 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että yhteysasemalla vastaanotetaan olennaisesti samanaikaisesti ainakin kahden eri päätelaitteen lähettämiä signaaleita, jolloin mainitut ensimmäinen korjausvaihe, ensimmäinen muunnosvaihe, yhdistelyvaihe ja dekodausvaihe suoritetaan kunkin päätelaitteen signaalille erikseen.
- 25 13. Jonkin patenttivaatimuksen 6—12 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että tiedonsiirrossa yhteysasemasta (AP1, AP2) päätelaitteeseen (MT1—MT4) suoritetaan ainakin seuraavat vaiheet:

- koodausvaihe lähetettävän signaalin koodaamiseksi,

27

- painotusvaihe, jossa lähetettävästä signaalista muodostetaan ainakin kaksi lähetys-signaalia,
- toinen muunnosvaihe, jossa mainituille ainakin kahdelle lähetys-signaaleille suoritetaan taajuus-aikamuunnos, ja
- 5 - lähetysvaihe, jossa lähetetään aikatasoon muunnetut lähetys-signaalit.

14. Patenttivaatimuksen 13 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että yhteysasemalta lähetetään olennaisesti samanaikaisesti ainakin kahdelle eri päätelaitteelle (MT1—MT4), jolloin mainitut  
10 koodausvaihe ja painotusvaihe suoritetaan kullekin päätelaitteelle (MT1—MT4) lähetettävälle signaalille erikseen, ja että mainituissa painotusvaiheissa muodostetaan kullekin päätelaitteelle (MT1—MT4) lähetettävästä signaalista ainakin kaksi lähetys-signaalia.

15. Patenttivaatimuksen 13 tai 14 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että ainakin osa mainituista vaiheista suoritetaan olennaisesti samanaikaisesti eri päätelaitteisiin (MT1—MT4) liittyville signaaleille.

20 16. Patenttivaatimuksen 13 tai 14 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että ainakin osa mainituista vaiheista suoritetaan peräkkäin eri päätelaitteisiin (MT1—MT4) liittyville signaaleille.

25 17. Jonkin patenttivaatimuksen 1—16 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että menetelmässä käytetään yhteysasemalla (AP1, AP2) useista antenneista (ANT1, ANT2, ANTn) koostuvaa antenniryhmää, jonka suuntakuvio on muutettavissa.

30 18. Patenttivaatimuksen 17 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että yhteysaseman (AP1, AP2) antennina käytetään ainakin kahdesta antennista (ANT1, ANT2, ANTn) koostuvaa antenniryhmää, että yhteysasemalla (AP1, AP2) signaaleita vastaanotetaan antenniryhmän antenneilla (ANT1, ANT2, ANTn), ja että mittauksissa

käyt tään antenniryhmän antennien (ANT1, ANT2, ANTn) kautta vastaanotettuja, päätelaitteen (MT1—MT4) lähettämiä signaaleita.

19. Patenttivaatimuksen 17 tai 18 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että tieto mitatuista päätelaitteen (MT1—MT4) ajoitus- ja taajuusvirheistä sekä paikkajäljestä tallennetaan yhteysasemalla (AP1, AP2), ja että näitä tietoja käytetään ainakin seuraavassa tietokehyksessä mainitulle päätelaitteelle (MT1—MT4) osoitettujen aikajaksojen (702—707, 802—807) aikana antenniryhmän suuntakuvion muokkaamiseen ja aika- ja taajuuskorjausten suorittamiseen.

20. Patenttivaatimuksen 17, 18 tai 19 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että päätelaitteen (MT1—MT4) ajoitus- ja taajuusvirheitä mitataan ainakin kahdella eri antennilla (ANT1, ANT2, ANTn), ja että eri antenneilla (ANT1, ANT2, ANTn) mitatuista ajoitus- ja taajuusvirheistä muodostetaan keskiarvo.

21. Jonkin patenttivaatimuksen 17—20 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että ainakin mainittu toinen muunnosvaihe suoritetaan olennaisesti samanaikaisesti eri antenneihin (ANT1, ANT2, ANTn) liittyville signaaleille.

22. Jonkin patenttivaatimuksen 17—20 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että ainakin mainittu toinen muunnosvaihe suoritetaan peräkkäin eri antenneihin (ANT1, ANT2, ANTn) liittyville signaaleille.

23. Jonkin patenttivaatimuksen 17—22 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että menetelmässä määritetään jäännössignaalin paikkakorrelaatiomatriisi

$$r_n[k, p] = x_n[k, p] - H_n[k] \times d[k]$$
$$Q[k, p] = \bar{r}[k, p] \times \bar{r}[k, p]^H,$$

missä  $x_n[k, p]$  on antennista (ANT1, ANT2, ANTn)  $n$  vastaanotettu signaali taajuustasossa alikantaaaltotaajuudella vastaten  $p$ :ttä päätelaitteen opetusjaksossa lähettämää opetussymbolia,  $d[k]$  on kyseinen opetussymboli alikantaaallolla  $k$ ,

$H_n[k] = \left( \frac{1}{2} \sum_{p=1}^2 x_n[k, p] \right) \times d[k]^*$  on päätelaitteen ja tukiaseman

antenniryhmän antennin (ANT1, ANT2, ANTn)  $n$  välillä alikantoaallolle  $k$  laskettu taajuustasoinen radiokanava,  
 $\vec{r}[k, p] = (r_0[k, p], r_1[k, p], r_2[k, p], \dots, r_{N-1}[k, p])^T$ ,

- 5 yläindeksi  $H$  tarkoittaa kompleksikonjugaattitranspoosia,  
yläindeksi  $*$  tarkoittaa kompleksikonjugaattia, ja  
yläindeksi  $T$  tarkoittaa transpoosia.

24. Jonkin patenttivaatimuksen 17—23 mukainen menetelmä,  
10 **tunnettu** siitä, että mainittuja mittauksia suoritetaan useiden aikajaksojen aikana ajoitus-, taajuusvirhe-, ja kanavaestimaattien tarkkuuden parantamiseksi sekä ajoitusvirheen, taajuusvirheen ja kanavaominaisuuksien aikastabiilisuuden estimoimiseksi, jolloin stabiilisuusestimaatteja käytetään sen valitsemiseksi, mille päätelaitteille (MT1—MT4) osoitetaan samanaikaisia  
15 aikajaksoja (702—707, 802—807).

25. Patenttivaatimuksen Virhe. Viitteen lähde ei löytynyt. 4 tai 24 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että mainittuja stabiilisuusestimaatteja käytetään sen arvioimiseksi, kuinka usein mainittuja mittauksia suoritetaan.

- 20 26. Patenttivaatimuksen 23 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että menetelmässä suoritetaan lisäksi ainakin seuraavat vaiheet:

- 25
- muodostetaan paikkajäljen perusteella ensimmäinen painokerroinvektori  $\vec{w}[k] = (H_0[k], H_1[k], H_2[k], \dots, H_{N-1}[k])^T$ ,
  - keskiarvotetaan mainittu paikkakorrelaatiomatriisi ( $\mathcal{Q}[k, p]$ ) yli taajuuden,
  - lasketaan keskiarvotetun paikkakorrelaatiomatriisin käänteismatriisi,
  - keskiarvotetaan mainittu käänteismatriisi yli opetussymboleiden, ja

- muodostetaan toinen painokerroinvektori kertomalla ensimmäistä painokerroinvektoria keskiarvotetulla käänteismatriisilla:

$$\bar{w}_{opt}[k] = \left\{ \frac{1}{P} \sum_{p=1}^P \left[ \left( \frac{1}{K} \sum_{k=0}^{K-1} Q[k, p] \right) + \gamma \times I \right]^{-1} \right\} \times \bar{w}[k],$$

5

missä  $I$  on  $N \times N$ -yksikkömatriisi ja  
 $\gamma$  on tietty pieni vakio.

27. Jonkin patenttivaatimuksen 1—26 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että menetelmässä suoritetaan paikkasuodatus aikatasossa ennen päätelaitteen (MT1—MT4) ajoitus- ja taajuusvirheiden estimointia ja korjausta, jolloin päätelaitteen (MT1—MT4) paikkajälki estimoidaan aikatasoisten eri antennielementtejä vastaavien signaalien pohjalta, että paikkajälki tallennetaan käytettäväksi lähetyksessä sekä vastaanotossa, ja että aika- ja taajuusvirheet estimoidaan ja korjataan paikkasuodatetusta signaalista, ja että korjatulle signaalille suoritetaan ainakin muunnosvaihe aika-taajuusmuunnoksen suorittamiseksi, kanavaestimointivaihe kanavaestimoinnin suorittamiseksi ja korjaamiseksi, ja dekodausvaihe korjatun signaalin dekodaukseksi päätelaitteesta (MT1—MT4) lähetetyn informaation selvittämiseksi.

28. Patenttivaatimuksen 27 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että paikkajäljen estimointi suoritetaan sinänsä tunnetulla RLS algoritmilla (Recursive Least Squares).

29. Patenttivaatimuksen 27 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että aikataason paikkajälki lasketaan taajuustason kanavaestimaattien perusteella.

30. Patenttivaatimuksen 27, 28 tai 29 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että yhteysasemalla vastaanotetaan olennaisesti samanaikaisesti ainakin kahden eri päätelaitteen lähettämiä signaaleita, jolloin paikkasuodatuksessa käytetään mainittuja muistiin tallennettuja paikkajälkiä, ja että mainitut yhdistelyvaihe, ensimmäinen korjausvaihe, ensimmäinen muunnosvaihe, ensimmäinen



31

kanavaestimointivaihe ja dekodausvaihe suoritetaan kunkin päätelaitteen signaalille erikseen.

5 31. Jonkin patenttivaatimuksen 27—30 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että tiedonsiirrosta yhteysasemasta päätelaitteeseen suoritetaan yhteysasemassa (AP1, AP2) antenneihin (ANT1, ANT2, ANTn) johdettavien signaalien painotus aikatasossa toisen muunnosvaiheen jälkeen.

10 32. Jonkin patenttivaatimuksen 1—31 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että samanaikaisesti palveltavien päätelaitteiden (MT1—MT4) estimoinnissa käytettävien aikajaksojen sijainti tietokehyksessä (FR) valitaan olennaisesti samaksi kuin näille päätelaitteille (MT1—MT4) jatkossa osoitettavien samanaikaisten lähetys- ja vastaanottoaikajaksojen sijainti tietokehyksessä (FR).

15 33. Jonkin patenttivaatimuksen 1—32 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että tiedonsiirtokapasiteetin maksimoimiseksi minimoidaan yhteysaseman vain yhtä päätelaitetta kerrallaan palvelemiseen käyttämä aika.

20 34. Patenttivaatimuksen 33 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että päätelaite lähettää estimoinnissa käytettävässä aikajaksossa ainoastaan opetusjakson tai tyhjän paketin.

35. Jonkin patenttivaatimuksen 1—34 mukainen menetelmä, jossa päätelaitteet lähettävät informaatiota paketeissa, **tunnettu** siitä, että samanaikaisesti palveltavien päätelaitteiden lähettämien pakettien pituudet asetetaan olennaisesti samaksi.

25 36. Patenttivaatimuksen 35 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että pakettien pituuden asettamiseksi paketteja pilkotaan pienempiin osiin, jotka lähetetään erikseen.

30 37. Tiedonsiirtojärjestelmä (1), joka käsittää ainakin yhteysaseman (AP1, AP2) ja päätelaitteita (MT1—MT4), välineet (8, 15) tietojen siirtämiseksi päätelaitteiden (MT1—MT4) ja

32

yhteysaseman (AP1, AP2) välillä, jossa tiedonsiirrossa on järjestetty käytettäväksi tiedonsiirtokehyksiä (FR), jotka käsittävät ainakin vastaanottoaikajaksoja (DL) tiedonsiirron suorittamiseksi päätelaitteista (MT1—MT4) yhteysasemaan (AP1, AP2), ja  
5 lähetysaikajaksoja (UL) tiedonsiirron suorittamiseksi yhteysasemalta (AP1, AP2) päätelaitteille (MT1—MT4) langattoman tiedonsiirtokanavan (CH) välityksellä, ja joka tiedonsiirtojärjestelmä (1) käsittää välineet (18) yhden tai useamman aikajakson (702—707, 802—807) osoittamiseksi päätelaitteille (MT1—MT4) mainituista  
10 kehyksistä, tunnettu siitä, että tiedonsiirtojärjestelmä (1) käsittää lisäksi:

- välineet (18, 19) ainakin osittain samanaikaisten aikajaksojen (704—707, 802—807) osoittamiseksi ainakin kahdelle päätelaitteelle (MT1—MT4) ainakin osassa  
15 mainittuja kehyksiä (FR),

- välineet (ES) ainakin mainittujen kahden päätelaitteen (MT1—MT4) paikkajäljen selvittämiseksi,

- välineet (RX) mittausten suorittamiseksi päätelaitteen (MT1—MT4) ajoitus- ja taajuusvirheidен ja tiedonsiirtokanavan ominaisuuksien estimoimiseksi ainakin osittain päätelaitteen (MT1) yhteysasemalle (AP1, AP2) lähettämän signaalin perusteella,  
20

- välineet (19) niiden päätelaitteiden (MT1—MT4) valitsemiseksi, joille osoitetaan samanaikaisia aikajaksoja (702—707, 802—807), jossa valinnassa on järjestetty käytettäväksi mainittujen mittausten tuloksia, ja  
25

- välineet (18) muiden yhteysasemaan (AP1, AP2) tiedonsiirtoyhteydessä olevien päätelaitteiden (MT2—MT4) lähetyksen mainitulle yhteysasemalle (AP1, AP2) estämiseksi mainittujen mittausten aikana.  
30

## 33

38. Yhteysasema (AP1, AP2), joka käsittää välineet (15) tietojen siirtämiseksi päätelaitteiden (MT1—MT4) ja yhteysaseman (AP1, AP2) välillä tiedonsiirtojärjestelmässä (1), jossa tiedonsiirrossa on järjestetty käytettäväksi tiedonsiirtokehyksiä (FR),
- 5 jotka käsittävät ainakin vastaanottoaikajaksoja (DL) tiedonsiirron suorittamiseksi päätelaitteista (MT1—MT4) yhteysasemaan (AP1, AP2), ja lähetysaikajaksoja (UL) tiedonsiirron suorittamiseksi yhteysasemalta (AP1, AP2) päätelaitteille (MT1—MT4) langattoman tiedonsiirtokanavan (CH) välityksellä, ja joka yhteysasema (AP1, AP2)
- 10 käsittää välineet (18) yhden tai useamman aikajakson (702—707, 802—807) osoittamiseksi päätelaitteille (MT1—MT4) mainituista kehyksistä, tunnettu siitä, että yhteysasema (AP1, AP2) käsittää lisäksi:
- 15 - välineet (18, 19) ainakin osittain samanaikaisten aikajaksojen (704—707, 802—807) osoittamiseksi ainakin kahdelle päätelaitteelle (MT1—MT4) ainakin osassa mainittuja kehyksiä (FR),
  - välineet (ES) ainakin mainittujen kahden päätelaitteen (MT1—MT4) paikkajäljen selvittämiseksi,
  - 20 - välineet (RX) mittausten suorittamiseksi päätelaitteen (MT1—MT4) ajoitus- ja taajuusvirheiden ja tiedonsiirtokanavan ominaisuuksien estimoimiseksi ainakin osittain päätelaitteen (MT1) yhteysasemalle (AP1, AP2) lähettämän signaalin perusteella,
  - 25 - välineet (19) niiden päätelaitteiden (MT1—MT4) valitsemiseksi, joille osoitetaan samanaikaisia aikajaksoja (702—707, 802—807), jossa valinnassa on järjestetty käytettäväksi mainittujen mittausten tuloksia, ja
  - 30 - välineet (18) muiden yhteysasemaan (AP1, AP2) tiedonsiirtoyhteydessä olevien päätelaitteiden (MT2—MT4) lähetyksen mainitulle yhteysasemalle (AP1, AP2) estämiseksi mainittujen mittausten aikana.

34

39. Patenttivaatimuksen 38 mukainen yhteysasema (AP1, AP2), **tunnettu** siitä, että tiedonsiirtokehyksissä (FR) on käytetty lisäksi satunnaissaantivaihetta (RA), jonka aikana päätelaite (MT1—MT4) voi suorittaa lähetyksiä yhteysasemaan (AP1, AP2), että
- 5 yhteysasema käsittää välineet (14) mainitussa satunnaissaantivaiheessa (RA) lähetettyjen signaaleiden tallentamiseksi, ja välineet (19) tallennettujen signaaleiden käyttämiseksi päätelaitteen (MT1—MT4) paikkajäljen selvittämisessä.
40. Patenttivaatimuksen 38 tai 39 mukainen
- 10 yhteysasema (AP1, AP2), **tunnettu** siitä, että yhteysasema (AP1, AP2) käsittää useasta antennista (ANT1, ANT2, ANTn) koostuvan antenniryhmän, jonka suuntakuvio on muutettavissa.
41. Patenttivaatimuksen 40 mukainen yhteysasema (AP1, AP2), **tunnettu** siitä, että yhteysaseman (AP1, AP2) antennina on
- 15 käytetty ainakin kahdesta antennista (ANT1, ANT2, ANTn) koostuvaa antenniryhmää, että yhteysasema (AP1, AP2) käsittää välineet signaaleiden vastaanottamiseksi antenniryhmän antenneilla (ANT1, ANT2, ANTn), ja välineet antenniryhmän antennien (ANT1, ANT2, ANTn) kautta vastaanotettujen, päätelaitteen (MT1—MT4) lähettämien
- 20 signaaleiden käyttämiseksi mittauksissa.
42. Patenttivaatimuksen 40 tai 41 mukainen yhteysasema (AP1, AP2), **tunnettu** siitä, että se käsittää välineet (14) tiedon mitatuista päätelaitteen (MT1—MT4) ajoitus- ja taajuusvirheistä tallentamiseksi, ja välineet (19, ANT1, ANT2, ANTn) antennin
- 25 suuntakuvion muuttamiseksi ainakin seuraavassa tietokehyksessä mainitulle päätelaitteelle (MT1—MT4) osoitettujen aikajaksojen (702—707, 802—807) ajaksi mainitun päätelaitteen (MT1—MT4) paikkajäljen perusteella.
43. Patenttivaatimuksen 40, 41 tai 42 mukainen
- 30 yhteysasema (AP1, AP2), **tunnettu** siitä, että se käsittää välineet (ANT1, ANT2, ANTn, RX) päätelaitteen (MT1—MT4) ajoitus- ja taajuusvirheiden mittaamiseksi ainakin kahdella eri antennilla, ja

35

välineet (19) keskiarvon muodostamiseksi eri antenneilla mitatuista ajoitus- ja taajuusvirheistä.

5 44. Jonkin patenttivaatimuksen 40—43 mukainen yhteysasema (AP1, AP2), **tunnettu** siitä, että välineet (ANT1, ANT2, ANT<sub>n</sub>, RX) päätelaitteen (MT1—MT4) ajoitus- ja taajuusvirheiden mittaamiseksi käsittävät ainakin:

- vastaanottovälineet (RF1, RF2, RF<sub>n</sub>) päätelaitteen lähettämien signaaleiden vastaanottamiseksi ainakin kahdella eri antennilla,
- 10 - korjausvälineet (E1, E2, E<sub>n</sub>) korjaus suorittamiseksi vastaanotetuille signaaleille mitattujen aika- ja taajuusvirheiden perusteella,
- ensimmäiset muunnosvälineet (FFT1, FFT2, FFT<sub>n</sub>) aika-taajuusmuunnoksen suorittamiseksi korjatuille signaaleille,
- 15 - kanavaestimointivälineet (w1, w2, w<sub>n</sub>) kanavaestimoinnin suorittamiseksi taajuustasoon muunnetuille signaaleille,
- yhdistelyvälineet (C) suodatettujen signaalien yhdistämiseksi, ja
- 20 - dekodausvälineet (DEC) yhdistetyn signaalin dekodaaamiseksi päätelaitteesta (MT1—MT4) lähetetyn informaation selvittämiseksi.

25 45. Patenttivaatimuksen 44 mukainen yhteysasema (AP1, AP2), **tunnettu** siitä, että se käsittää lisäksi kanavakorjausvälineet (EQ) yhdistetyn signaalin korjaamiseksi yhdistetystä signaalista estimoitujen tiedonsiirtokanavan ominaisuuksien perusteella.

46. Patenttivaatimuksen 44 tai 45 mukainen yhteysasema (AP1, AP2), **tunnettu** siitä, että se käsittää välineet ainakin kahden eri päätelaitteen lähettämien signaaleiden

36

vastaanottamiseksi olennaisesti samanaikaisesti, jolloin yhteysasema (AP1, AP2) käsittää mainitut korjausvälineet, ensimmäiset muunnosvälineet (FFT1, FFT2, FFTn), yhdistelyvälineet (C) ja dekodausvälineet (DEC) kunkin päätelaitteen signaalin

5 käsittelemiseksi erikseen.

47. Jonkin patenttivaatimuksen 40—46 mukainen yhteysasema (AP1, AP2), tunnettu siitä, että tiedonsiirrossa yhteysasemasta (AP1, AP2) päätelaitteeseen (MT1—MT4) suoritetaan ainakin seuraavat vaiheet:

- 10 - koodausvälineet (M) lähetettävän signaalin koodaamiseksi,
- painotusvälineet (W) ainakin kahden lähetyssignaalin muodostamiseksi lähetettävästä signaalista,
- 15 - toiset muunnosvälineet (IFFT1, IFFT2, IFFTn) taajuus-aikamuunnoksen suorittamiseksi mainituille ainakin kahdelle lähetyssignaaleille, ja
- lähetysvälineet (RF1, RF2, RFn) aikatasoon muunnettujen lähetyssignaalien lähettämiseksi.

48. Patenttivaatimuksen 47 mukainen yhteysasema (AP1, AP2), tunnettu siitä, että se käsittää välineet (TX) signaaleiden lähettämiseksi ainakin kahdelle eri päätelaitteelle olennaisesti samanaikaisesti, jolloin yhteysasema (AP1, AP2) käsittää mainitut koodausvälineet (M) ja painotusvälineet (W) kullekin päätelaitteelle lähetettävien signaalien käsittelemiseksi olennaisesti samanaikaisesti.

20

(57) Tiivistelmä:

Keksintö kohdistuu menetelmään päätelaitteiden (MT1—MT4) ja yhteysaseman (AP1, AP2) välisen tiedonsiirron järjestämiseksi tiedonsiirtojärjestelmässä (1), jossa käytetään tiedonsiirtokehyksiä (FR). Tietokehykset (FR) käsittävät ainakin vastaanottoaikajaksoja (DL) tiedonsiirron suorittamiseksi päätelaitteista (MT1—MT4) yhteysasemaan (AP1, AP2), ja lähetysaikajaksoja (UL) tiedonsiirron suorittamiseksi yhteysasemalta (AP1, AP2) päätelaitteille (MT1—MT4) langattoman tiedonsiirtokanavan välityksellä. Menetelmässä päätelaitteille (MT1—MT4) on osoitettavissa yksi tai useampia aikajaksoja (702—707, 802—807) mainituista kehyksistä. Menetelmässä selvitetään ainakin mainittujen kahden päätelaitteen (MT1—MT4) paikkajälki, ja ainakin osassa mainittuja kehyksiä (FR) osoitetaan ainakin kahdelle päätelaitteelle (MT1—MT4) ainakin osittain samanaikaisia aikajaksoja (704—707, 802—807). Menetelmässä lisäksi suoritetaan mittauksia päätelaitteen (MT1—MT4) ajoitus- ja taajuusvirheiden ja tiedonsiirtokanavan ominaisuuksien estimoimiseksi, jotka mittaukset suoritetaan ainakin osittain päätelaitteen (MT1) yhteysasemalle (AP1, AP2) lähettämän signaalin perusteella, jolloin mittausten tuloksia käytetään sen valitsemiseksi, mille päätelaitteille (MT1—MT4) osoitetaan samanaikaisia aikajaksoja (702—707, 802—807). Mainittujen mittausten aikana muut yhteysasemaan (AP1, AP2) tiedonsiirtoyhteydessä olevat päätelaitteet (MT2—MT4) ovat lähettämättä signaalia mainitulle yhteysasemalle (AP1, AP2).

Fig. 3

24

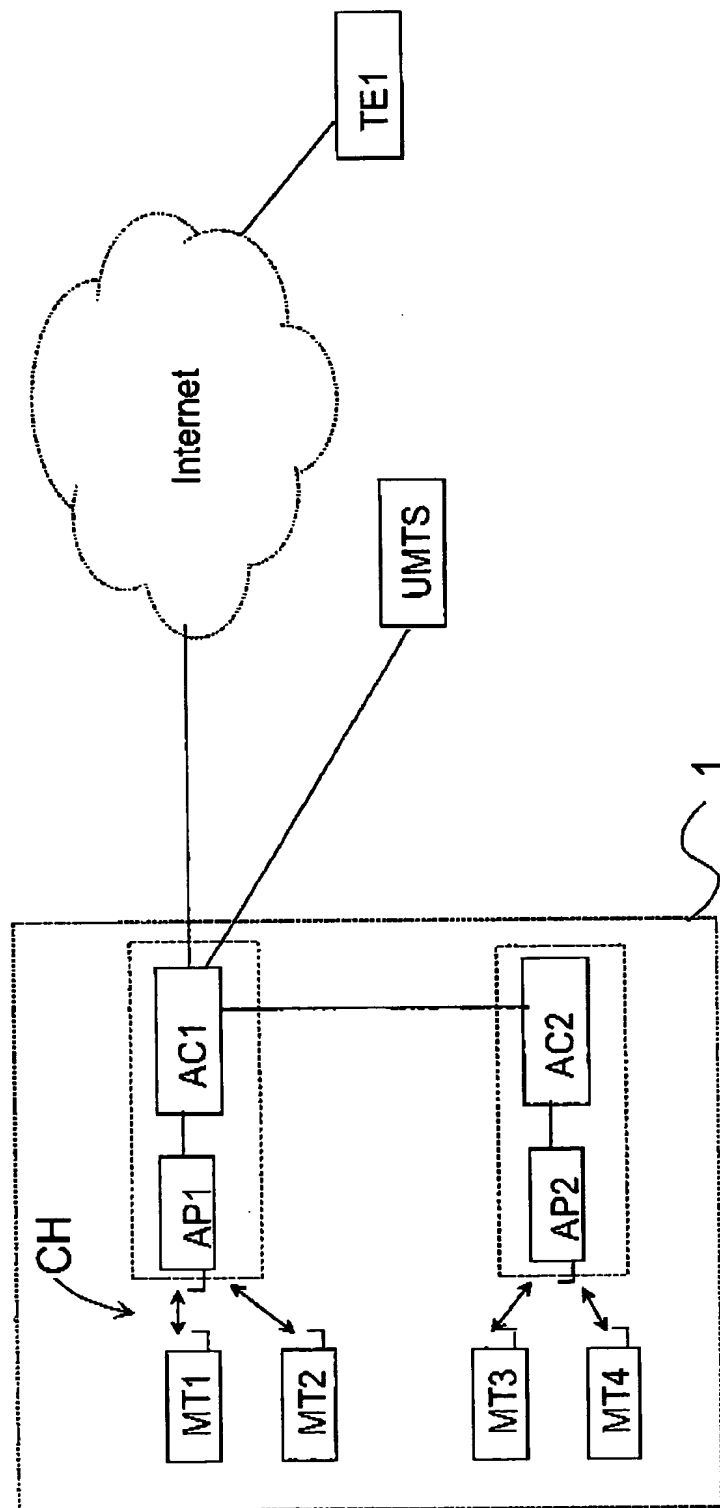


Fig. 1



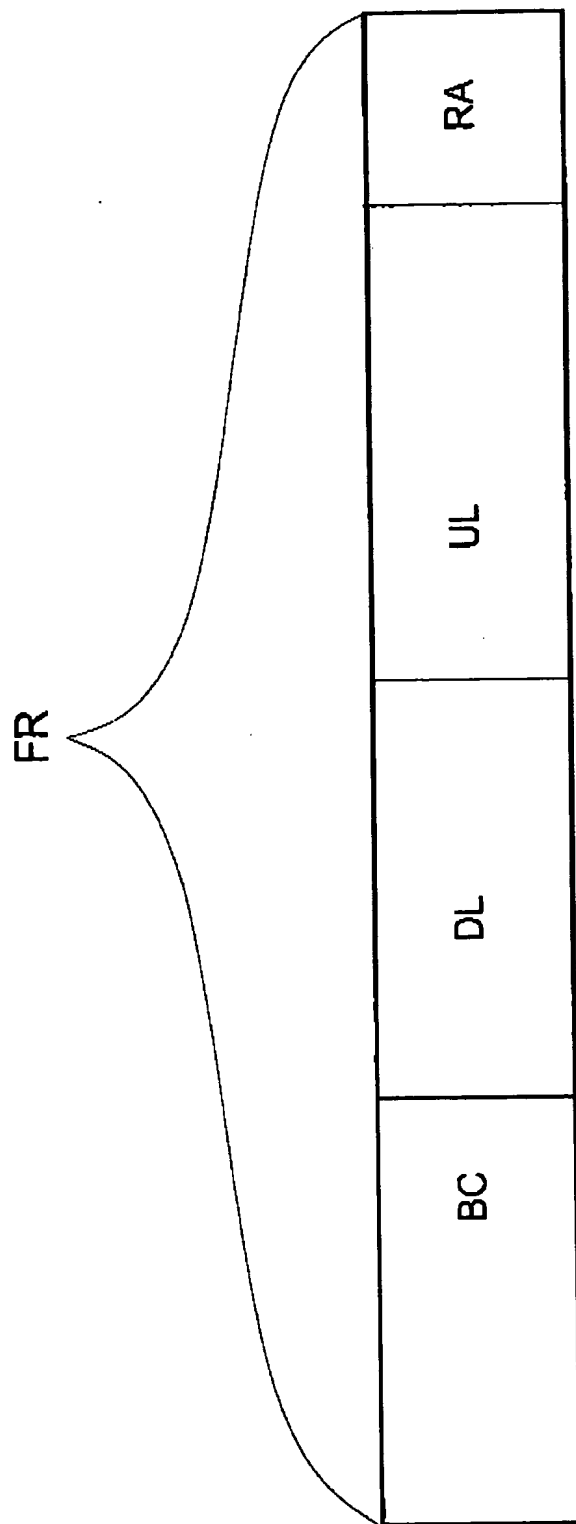


Fig. 2

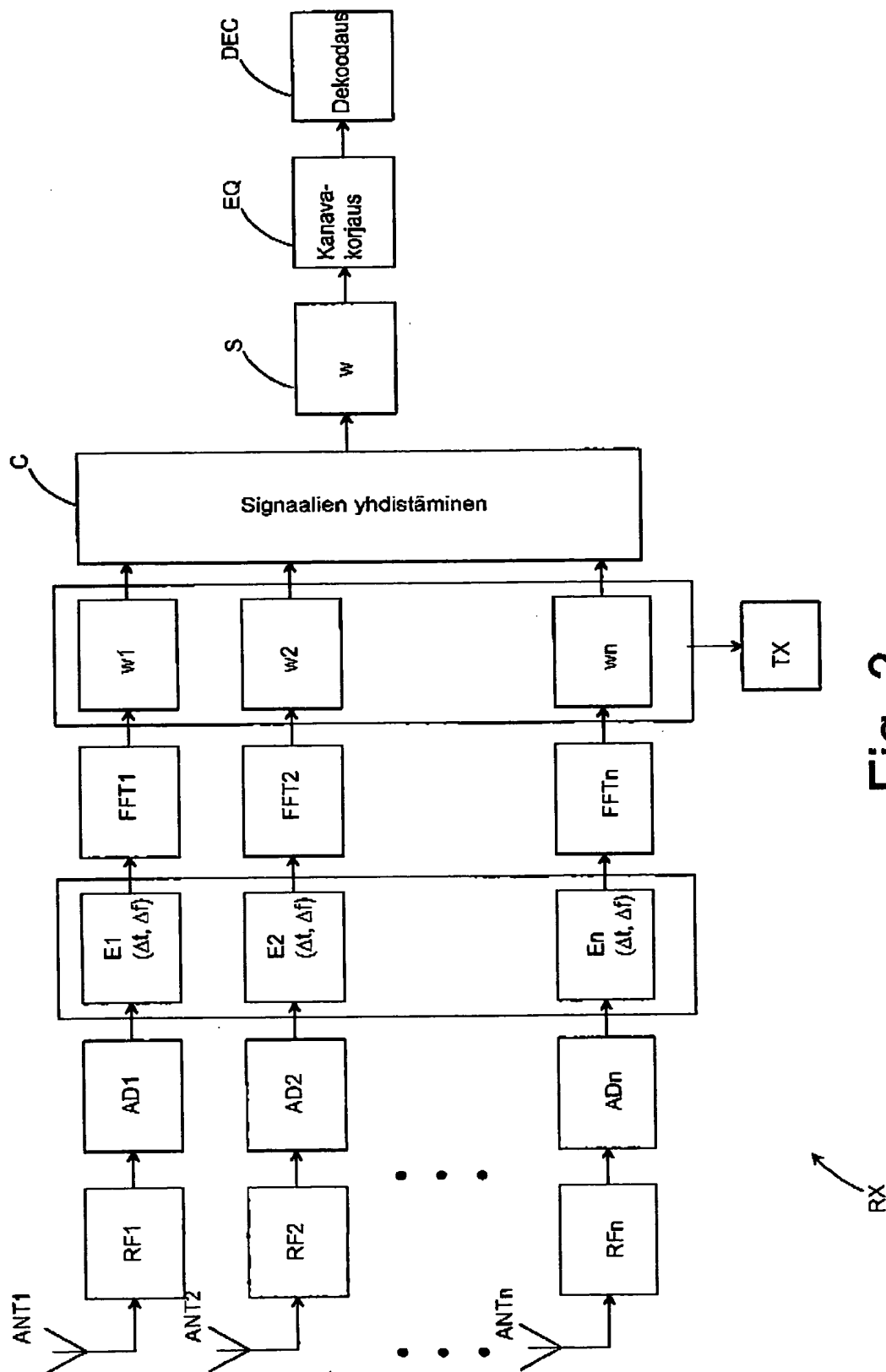


Fig. 3

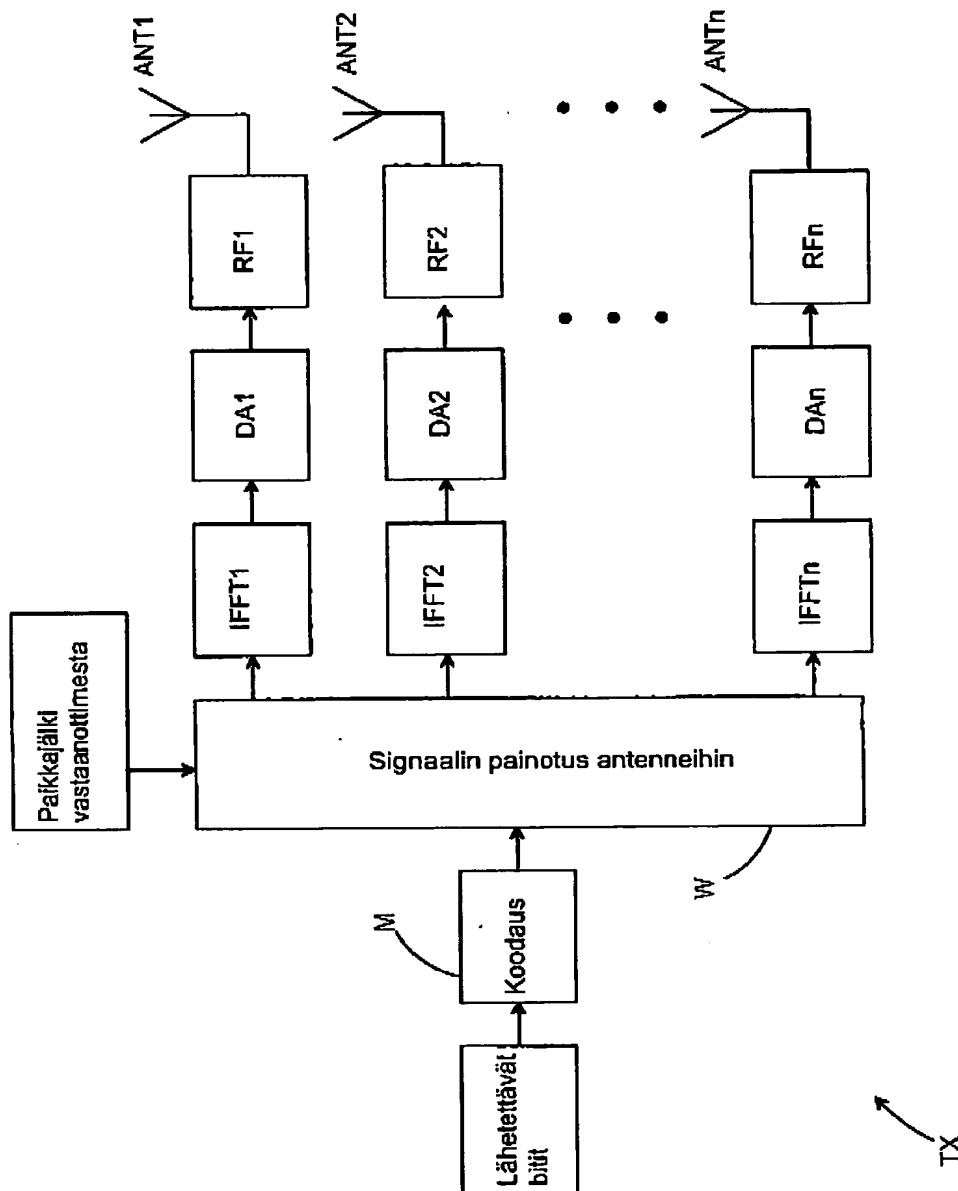


Fig. 4

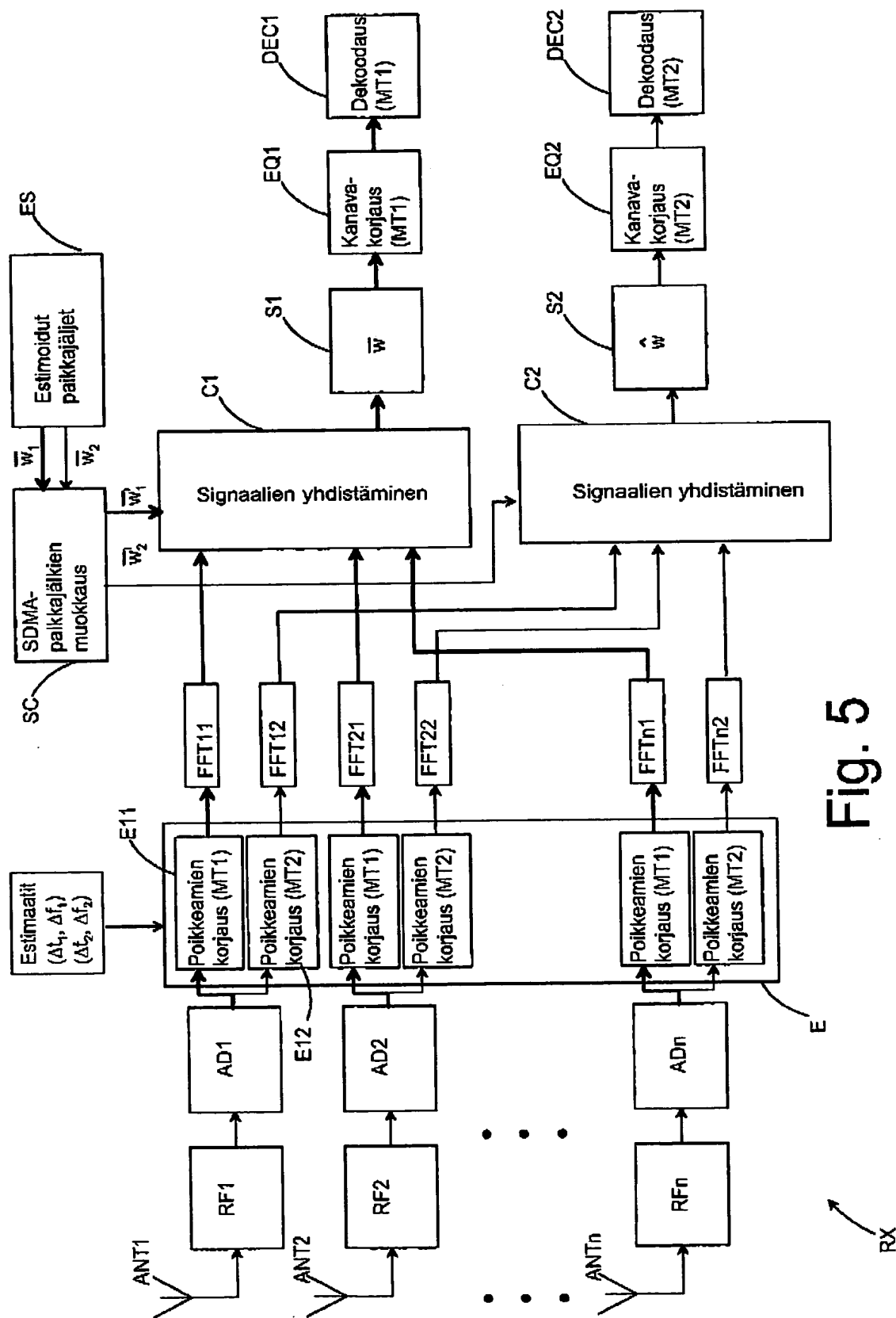


Fig. 5

RX

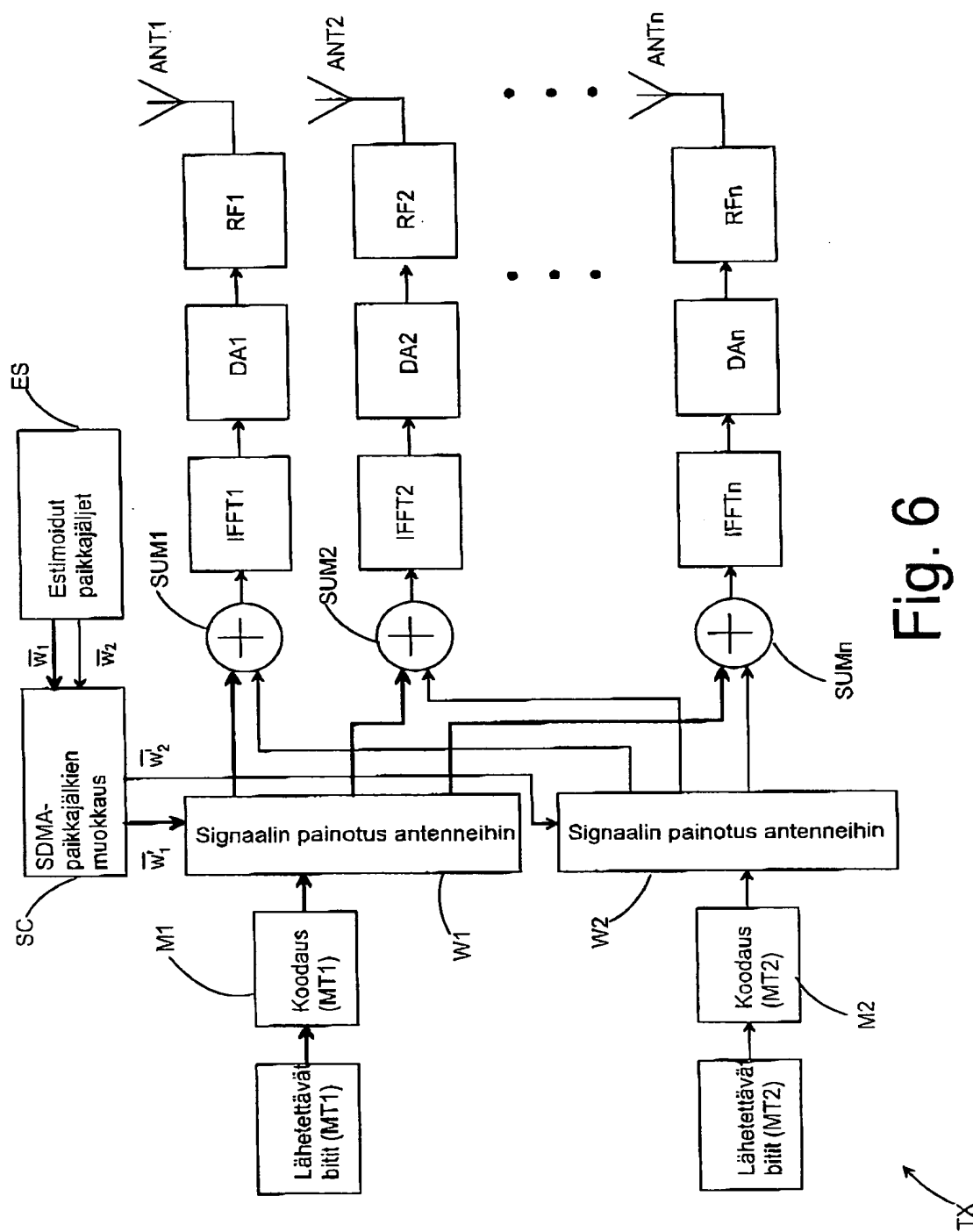
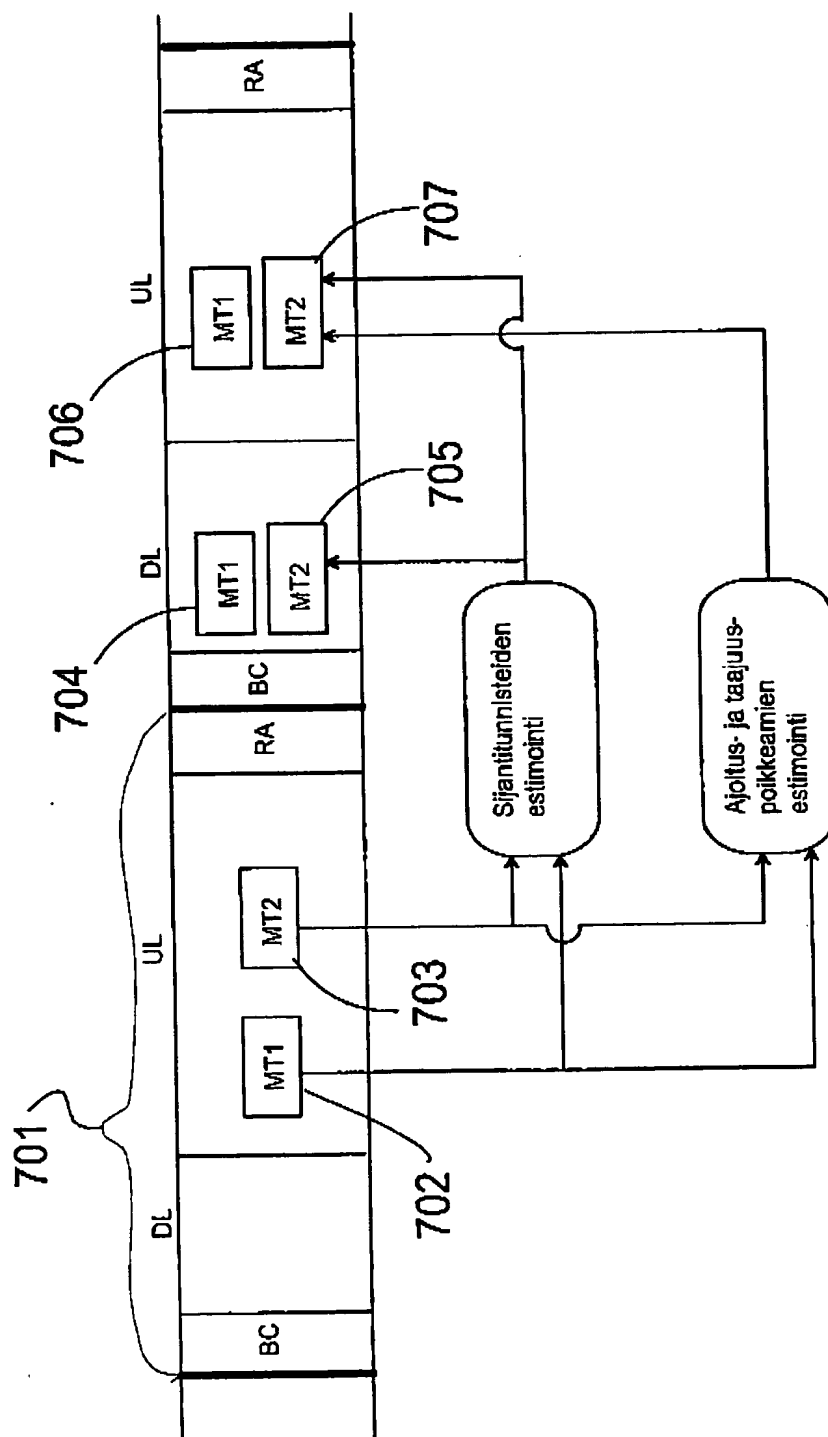


Fig. 6



**Fig. 7**

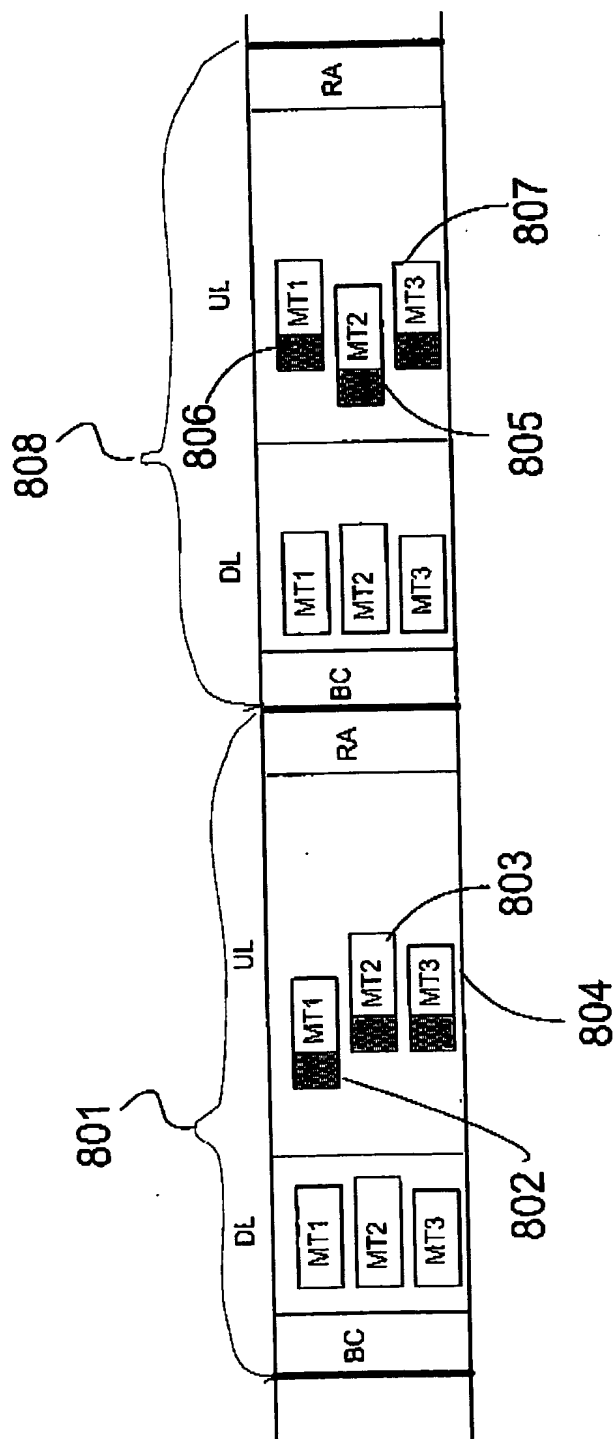


Fig. 8

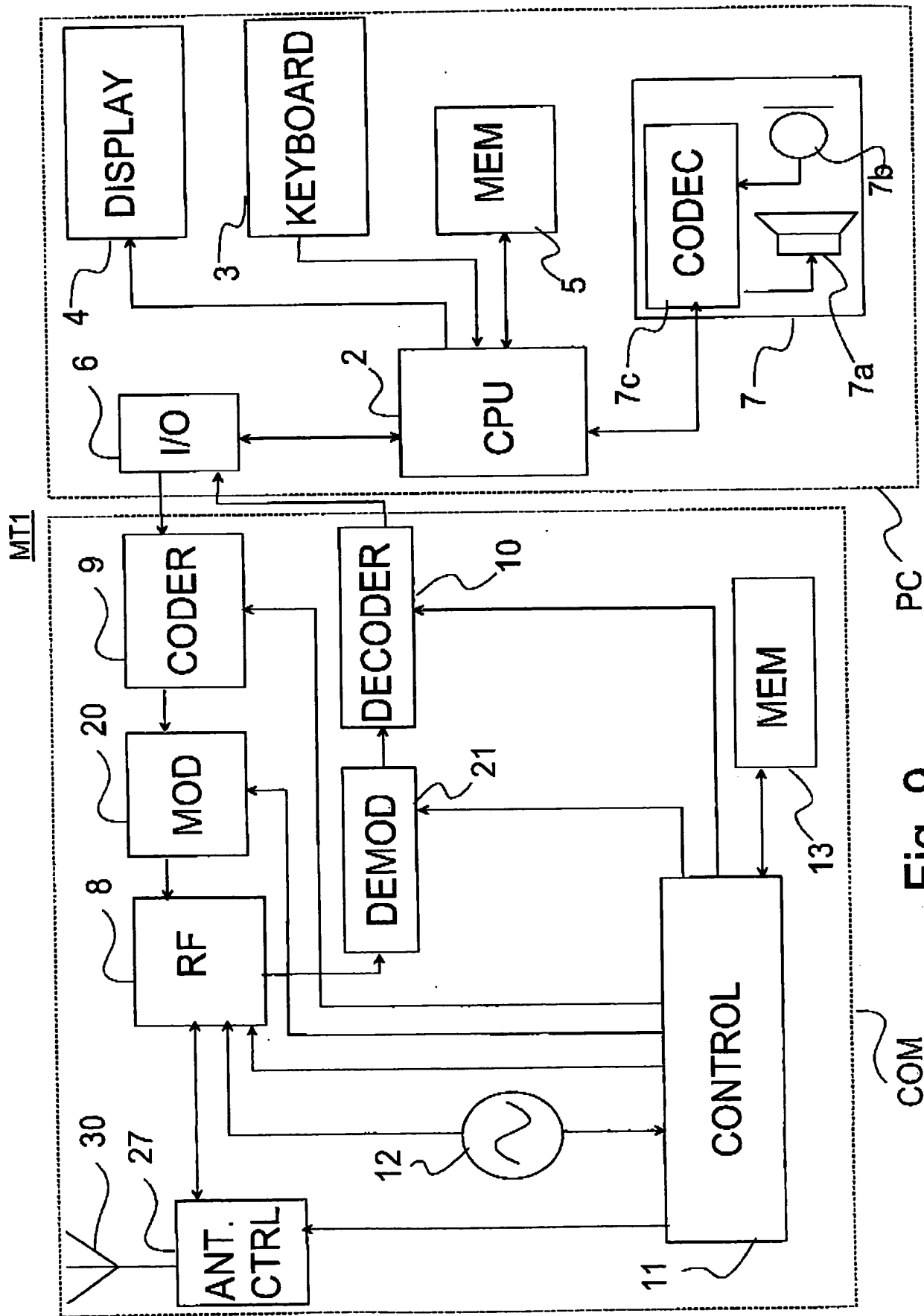
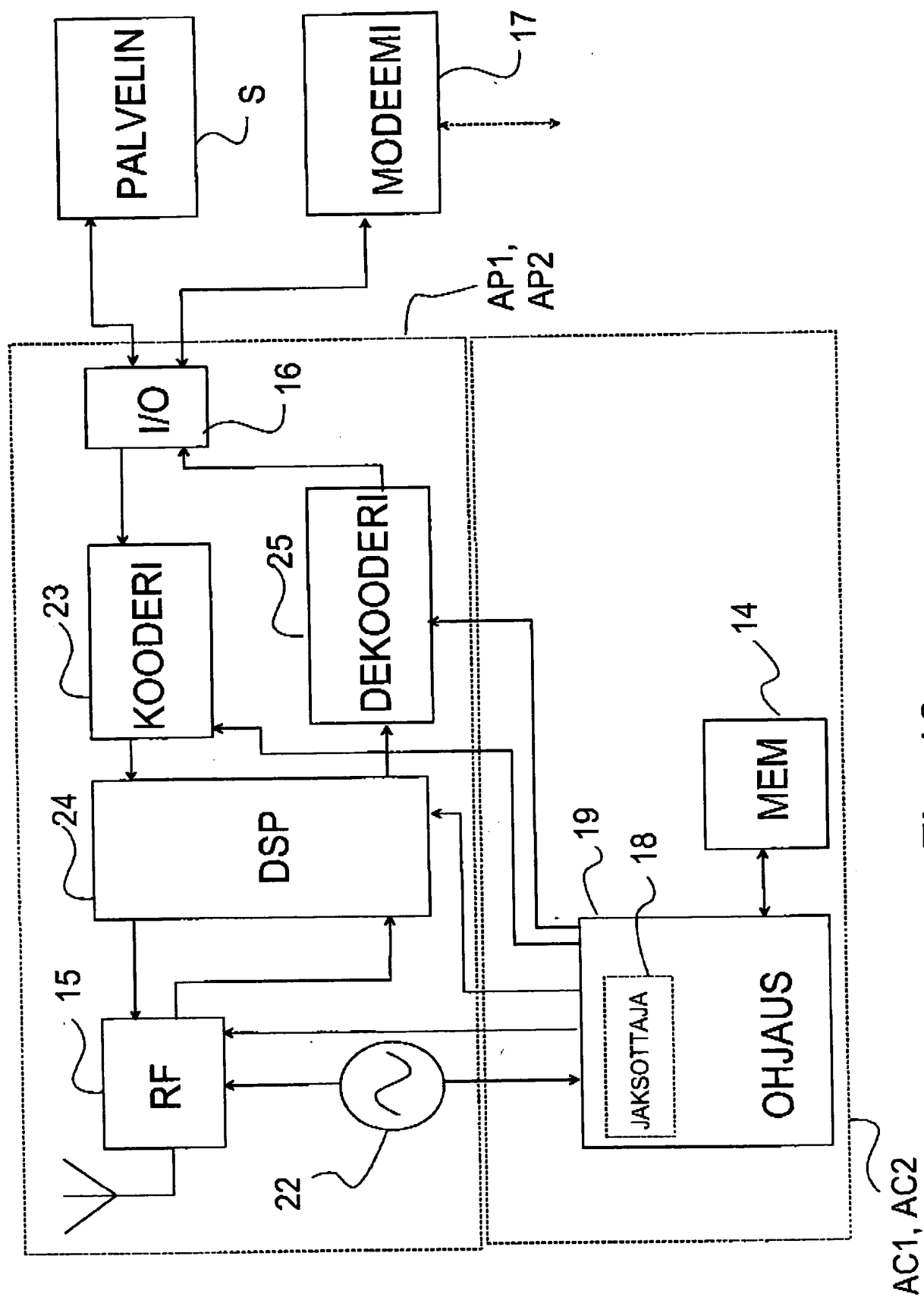


Fig. 9





## CERTIFICATE

I, Tuulikki Tulivirta, hereby certify that, to the best of my knowledge and belief, the following is a true translation, for which I accept responsibility, of a certified copy of Finnish Patent Application 20001133 filed on 12 May 2000.

Tampere, 12 April 2001



Tuulikki Tulivirta  
Certified Translator (Act 1148/88)

Tampereen Patenttitoimisto Oy  
Hermiankatu 6  
FIN-33720 TAMPERE  
Finland

A method for arranging communication between terminals and an access point in a communication system

5 The present invention relates to a method for arranging communication between terminals and an access point in a communication system, as set forth in the preamble of the appended claim 1. Furthermore, the invention relates to a communication system according to the appended claim 37 and an access point according to the appended  
10 claim 38.

Space division multiple access (SDMA) relates to a technology whereby information can be simultaneously transmitted between a base transceiver station and more than one terminals, such as wireless  
15 stations. One known method for applying space division multiple access in a communication system is the use of so-called smart antennas. A smart antenna consists of more than one antenna elements, *i.e.* an array of antennas, and a method (for example a digital signal processing algorithm) for utilizing the array of antennas in an optimal way.  
20 By adjusting the amplitudes and phases of signals to be transmitted from (received from) different elements, the directional pattern of the array of antennas can be adjusted to direct the transmission and reception to a desired location. The accuracy of the directing depends on the algorithms used, as well as on *e.g.* the type, number and geometrical positioning of the antenna elements. Moreover, a smart  
25 antenna can be used to direct different signals to terminals in different locations simultaneously.

Time division duplex (TDD) refers to communication in which two data  
30 transmission devices, such as a base transceiver station and a terminal, communicate with each other so that transmission and reception take place at the same channel frequency but at a different time. A system based on time division multiple access (TDMA) may comprise several data transmission connections simultaneously, wherein separation  
35 between different data transmission connections is made in time, *i.e.*, each data transmission connection is used for transmitting information in a time slot allocated for this connection. Thus, information is

not transmitted in other data transmission connections using the same channel frequency. A system based on time division multiple access and applying time division duplex data transmission is the HIPERLAN/2 communication system. The HIPERLAN/2 communication system is intended *e.g.* for wireless local area networks (WLAN), to be used for example in office buildings.

One drawback in the TDD-TDMA system is the fact that information can be transmitted to a base station by only one terminal at a time. In a corresponding manner, the base station can transmit information to only one terminal at a time, excluding broadcasting intended for several terminals, whereby the base station can inform the terminals *e.g.* the time when each terminal can transmit to the base station.

In the space division system, the antenna of the base station must have a structure whereby transmission and reception can be directed to a desired location. In the space division system, the terminals using the same time slot are separated from each other on the basis of spatial signatures, *i.e.* the properties of the radio channel between the terminal and the base station. The spatial signature of each terminal is measured at the base station from the signal received by the base station. In view of the spatial signature, it is essential in which way the radio channel between the terminal and the base station is changed when it is viewed from the different antenna elements of the array of antennas of the base station. Normally, such estimation of spatial signatures is based on the use of a so-called known training sequence. Such a training sequence is transmitted in connection with a signal transmitted from the terminal. Thus, the base station can use the measured spatial signatures to separate different terminals from each other.

In the HIPERLAN/2 system, a standardized training sequence is used for estimating the radio channel as well as the frequency offset and the timing offset. Channel estimates measured from different antenna elements of a base station, which in the HIPERLAN/2 system is also called an access point, can further be used to estimate the spatial signature of each terminal. In the TDD system, the same measurement

results can be used in both directions of communication, since the channel frequency used is the same in these different directions, *i.e.* uplink from the terminal to the base station and downlink from the base station to the terminal.

5

It has been generally assumed that in the time division system, a separate training sequence is required for each terminal to be served in the same time slot. This applies when it is desired to perform determination of the timing offset, determination of the frequency offset and channel estimation simultaneously for each of the terminals to be served in the same time slot. Furthermore, different training sequences are required to be orthogonal in order to separate different terminals from each other. This makes the system more complicated, because extra signalling is needed between the base station and the terminals to select the training sequence. Furthermore, the terminals should store all the possible training sequences to be able to use them, if necessary. Moreover, the number of training sequences fulfilling the above-mentioned conditions is limited, considering the properties of the communication system and the fact that the more training sequences are used, the more signalling and memory space is required in the terminal and in the base station.

It is an aim of the present invention to provide a space-division communication system applying time-division duplex communication and time-division multiple access technology, and with only one choice defined for a training sequence. The method according to the present invention is characterized in what will be presented in the characterizing part of the appended claim 1. Further, the communication system according to the present invention is characterized in what will be presented in the characterizing part of the appended claim 37. Moreover, the access point according to the invention is characterized in what will be presented in the characterizing part of the appended claim 38. The invention is based on the idea that when channel estimates and time and frequency offsets are measured in a base station, only one terminal is controlled to transmit a training sequence and that other terminals do not transmit during this time. Also, the base station does not

transmit information to other terminals during this measurement sequence.

5 Considerable advantages are achieved with the present invention when compared with solutions of prior art. In the communication system according to the invention, information can be simultaneously transmitted between an access point and different terminals in the same time slot. Thus, the use of communication resources is more efficient than in systems of prior art. Moreover, noise can be reduced, 10 because the transmissions are, for a major part, directed and, on the other hand, the transmission power can be even reduced. In the communication system according to the invention, also possible collisions in communication are reduced.

15 In the following, the invention will be described in more detail with reference to the appended drawings, in which

Fig. 1 shows a communication system in which the invention can be applied, 20

Fig. 2 shows an example of a MAC frame structure in a communication system according to Fig. 1,

Fig. 3 shows a receiving block of an access point according to an advantageous embodiment of the invention in a reduced block chart, 25

Fig. 4 shows a transmitting block of an access point according to an advantageous embodiment of the invention in a reduced block chart, 30

Fig. 5 shows signal processing in a receiver of Fig. 3 in a situation in which two terminals communicate with an access point,

35 Fig. 6 shows signal processing in a transmitter of Fig. 4 in a situation in which information is transmitted from an access point to two terminals simultaneously,

Fig. 7 shows, in a reduced chart, an advantageous example of space division timing,

5 Fig. 8 shows another advantageous example of space division timing,

Fig. 9 shows a terminal according to an advantageous embodiment of the invention in a reduced block chart, and

10

Fig. 10 shows an access point according to an advantageous embodiment of the invention in a reduced block chart.

15 In the following, the invention will be described by using as an example of a communication system the HIPERLAN/2 system, shown as a reduced block chart in Fig. 1, applying time-division duplex communication and time-division multiple access technology. That is, the system is a so-called TDD-TDMA system. The communication system 1 consists of mobile terminals MT1–MT4, one or several access points AP1, AP2, as well as an access point controller AC1, AC2. The access point AP1, AP2 and the access point controller AC1, AC2 do not necessarily need to be separate units but their functions can be integrated into a unit which can be preferably called an access point or an access point controller. A radio connection is arranged between the access point AP1, AP2 and the mobile terminal MT1–MT4 for transmitting *e.g.* signals required for setting up a connection and, during the connection, information, such as data packets of an Internet application. The access point controller AC1, AC2 controls the operation of the access point AP1, AP2 and the connections formed thereby to the mobile terminals MT1–MT4. The access point controller AC1, AC2 comprises a controller 19 (Fig. 10) whose application software contains implementations of functions of the access point, such as an access point scheduler for performing various timing operations in a way known as such. In such a radio network, several access point controllers AC1, AC2 may communicate with each other and with other data networks, such as the Internet network, the Universal Mobile Terminal System (UMTS) mobile communication network, *etc.*, wherein the mobile

20  
25  
30  
35

terminal MT1–MT4 may communicate *e.g.* with a terminal TE1 coupled to the Internet network.

Figure 2 shows, in a reduced manner, a frame structure to be used in the communication system 1 according to Fig. 1. A frame FR consists of a broadcast phase BC, in which the access point AP1, AP2 broadcasts general announcements and information on the current frame, *e.g.* on uplink and downlink time slots assigned for terminals MT1–MT4, to the terminals MT1–MT4. Downlink time slots DL are intended for the transmission of information from an access point to the terminals and, in a corresponding manner, uplink time slots UL are intended for receiving information from the terminals to the access point. The frame FR also comprises a random access slot RA in which a terminal with no resources allocated for data transmission can request the access point to allocate one or more time slots in the next frames for the terminal in question. The terminals also perform logging in the communication network by means of this random access slot. Furthermore, the random access slot is used in a situation in which a terminal is performing handover of access points for transferring the connections to the access point to which the connection is handed over. Such a situation comes up *e.g.* when the terminal is moving and the quality of the connection to the access point used is impaired.

In the HIPERLAN/2 system, applying orthogonal frequency division multiplexing (OFDM), the training sequence consists of two identical consecutive OFDM symbols (training symbols) in which each of the 52 subcarriers contains data defined in the standard. The HIPERLAN/2 system applies 64 subcarrier frequencies, but of these only 52 subcarriers are used for data transmission. Of these 52 subcarriers, in turn, four are used as pilot carriers in all OFDM symbols; that is, the data presented by them is predetermined in the standard. All the subcarriers used in the training symbols represent predetermined data. Thus, the radio frequency radio channel ( $H$ ) between the terminal and an element  $n$  of the array of antennas of the base station for a subcarrier  $k$  can be calculated for example in the following way:



$$H_n[k] = \left( \frac{1}{2} \sum_{p=1}^2 x_n[k, p] \right) \times d[k]^*, \quad (1)$$

in which  $x_n[k, p]$  is a signal received from the antenna element  $n$  in the frequency domain at a subcarrier frequency  $k=0,1,\dots,51$  representing the  $p^{\text{th}}$  training symbol in a training sequence transmitted by the terminal,  $d[k]$  is the training symbol determined in the standard for the subcarrier  $k$ , and the character  $*$  as superscript indicates complex conjugation. Because the effect of the radio channel is generally shown in time domain as a convolution with the transmitted signal, this corresponds, at each subcarrier frequency in the frequency domain, to complex multiplication of the transmitted symbol and the radio channel. Block charts of a receiver will be presented hereinbelow to illustrate how a signal  $x_n[k, p]$  in the frequency domain can be derived from a received signal in the time domain. It is now possible to determine a weighting coefficient vector (block ES, Fig. 5), whose complex conjugate is used in the base station to weight uplink signals received from the terminal by different antenna elements or downlink signals to be transmitted from different antenna elements to the terminal in question, for example depending on the frequency in the following way:

$$\bar{w}[k] = (H_0[k], H_1[k], H_2[k], \dots, H_{N-1}[k])^T, \quad (2)$$

in which the superscript  $T$  indicates transposition and  $N$  is the number of antenna elements. The weighting coefficient vector (2) is also called a spatial signature. The weighting coefficient vector (2) can be used both uplink and downlink. For uplink, it is also possible to estimate the interference content of the received signal for example by forming a remainder signal

$$r_n[k, p] = x_n[k, p] - H_n[k] \times d[k] \quad (3)$$

for both training symbols ( $p = 1, 2$ ) transmitted. To eliminate interference in uplink reception, the weighting coefficient vector can now be modified for example by multiplying it with the inverse matrix of the position correlation matrix of the remainder signal:

$$\bar{w}_{opt}[k] = (Q[k, p] + \gamma \times I)^{-1} \times \bar{w}[k], \quad (4)$$

in which  $Q[k, p]$  is the position correlation matrix of the remainder  
5 signal:

$$Q[k, p] = \bar{r}[k, p] \times \bar{r}[k, p]^H, \quad (5)$$

$$\bar{r}[k, p] = (r_0[k, p], r_1[k, p], r_2[k, p], \dots, r_{N-1}[k, p])^T, \quad (6)$$

10

the superscript  $H$  indicates complex conjugate transposition,  $I$  is  $N \times N$  unit matrix and  $\gamma$  is a small constant (for example,  $\gamma = 0.01$ ) which makes the inverse matrix operation well-behaved in the equation (4). In the equations (3–6), it is possible, for example, to restrict to use only  
15 one of the received training symbols, that is, for example to set  $p = 1$  in the equations (3–4). Alternatively, the inverse matrix for the equation (4) can be calculated for each training symbol separately ( $p = 1$  and  $p = 2$ ) and to take the average of these inverse matrices. Good simulation results have also been obtained by averaging the position  
20 correlation matrix over the frequency, by calculating the inverse matrix as in equation (4), and finally by taking the average over the training symbols:

$$\bar{w}_{opt}[k] = \left\{ \frac{1}{P} \sum_{p=1}^P \left[ \left( \frac{1}{K} \sum_{k=0}^{K-1} Q[k, p] \right) + \gamma \times I \right]^{-1} \right\} \times \bar{w}[k], \quad (7)$$

25

in which thus  $P = 2$  and  $K = 52$  for the HIPERLAN/2 system. The elimination of interference as described above is generally suitable for uplink only, because during downlink in the TDD-TDMA system various sources of interference are generally present. Thus, for downlink, for  
30 example the original weighting coefficients  $\bar{w}[k]$  are used.

As the access point applies space division multiple access (SDMA) for example for simultaneous transmission to  $M$  different terminals, the spatial signatures of the terminals are generally modified (block SC, Fig. 5), that is, the weighting coefficients  $\bar{w}_m[k]$  of the weighting  
35

coefficient vector are modified to the form  $\overline{w}'_m[k]$  so that when a signal intended for a terminal  $a = 1, 2, \dots, M$  is weighted by the weighting coefficients  $\overline{w}'_m[k]$ , the power received by the terminal  $a$  is as high as possible and at the same time the power received by other terminals to be simultaneously served from the transmission in question is as low as possible. Thus, for example, it can be required that:

$$\overline{w}'_a{}^H[k] \cdot \overline{w}_b[k] = \delta_{a,b} \quad \forall k, \quad (8)$$

in which  $\delta_{a,b}$  is Kronecker delta and  $\forall k$  indicates that the condition is valid for each subcarrier frequency separately. This condition can be fulfilled for example by using the pseudo inverse:

$$A_{sdma}[k] = (A[k]^+)^H, \quad (9)$$

in which the superscript  $+$  indicates pseudo inverse and  $N \times M$  matrices  $A[k]$  and  $A_{sdma}[k]$  are defined:

$$A[k] = (\overline{w}_1[k], \overline{w}_2[k], \dots, \overline{w}_M[k]) \quad (10)$$

and

$$A_{sdma}[k] = (\overline{w}'_1[k], \overline{w}'_2[k], \dots, \overline{w}'_M[k]) \quad (11)$$

A corresponding modification in receiving means that when the received signal is combined with the weighting coefficients  $\overline{w}'_a[k]$ , the signal transmitted by the terminal  $a$  is amplified as much as possible, whereas the signals transmitted simultaneously by other terminals is attenuated as much as possible. In other words, the signal transmitted by the terminal  $a$  is summed from the different antenna elements as coherently as possible when weighted with the weighting coefficients  $\overline{w}'_a[k]$ , whereas the signals of other terminals transmitting simultaneously are summed as incoherently as possible.

The use of a smart antenna is most suitable for bilateral data transmission between the terminal and the access point. However, it is

advantageous to perform broadcasting or such transmissions which are intended to be received by several terminals by using only one of the antenna elements of the smart antenna. Alternatively, it is possible to use such a separate antenna whose directional pattern covers the whole service range of the access point. In practice, this means that the antenna configuration is altered when shifting from a general phase to downlink time slots in a frame. In a corresponding manner, in a random access phase, the access point should receive signals from an area as large as possible, because the access point does not know the spatial signature of such a terminal which is not logged in the network. Thus, also in a random access phase, an omnidirectional antenna configuration is preferably used, or a signal is received from one antenna element only. However, in this random access phase, the access point can also receive and store the signals of all the different elements, wherein the stored signals can be later used for estimation of the spatial signature of the terminal.

The access point measures the spatial signatures of the terminals MT1–MT4 and stores the data in a memory in the receiving phase and/or in the random access phase. These data can be used in the same transmission phase and in the phases of receiving and transmitting of the next frames, because the frequencies used in them are substantially the same, and also for the reason that it is assumed here that the channel is changed relatively slowly in relation to the length of the frame. Thus, if estimation of the spatial signature has been performed for the terminal, the access point can use this data in the next data transmission to this terminal, if the access point considers the data to be still sufficiently reliable. If necessary, the estimation of the spatial signature can be performed again.

In normal smart antenna operation (as opposite to spatial access operation), in which information is transmitted between the access point and only one terminal at a time, there is no need to store timing offset estimates nor frequency offset estimates at the access point, but these can be estimated separately from each received transmission. Also the radio channel (and thus the spatial signature) can be estimated from each received transmission separately. However, the

spatial signature is preferably stored at the access point also in the normal smart antenna operation, to be used in downlink phase.

5 If spatial filtering is performed in time domain, before the access point estimates the timing and frequency offsets of each terminal in the receiving phase, it is not necessary, in connection with the space division access technology, to store the time and frequency offset estimates at the access point but only the spatial signatures to be used in normal smart antenna transmission as well as in space division reception and transmission. This applies even in the case of only one training sequence in use. This is because the time and frequency offsets can be estimated from the combined (spatial filtered) signal already. The estimation of the spatial signature in time domain can be performed *e.g.* with the well-known recursive least squares (RLS) algorithm. Alternatively, it is possible, for example, to construct the time-domain spatial signature on the basis of the channel estimates in the frequency domain. This can be made *e.g.* either by averaging over the frequency or by inverse Fourier transform, wherein the combination in the time domain is performed by antenna-specific FIR filters produced by the inverse Fourier transform.

In communication systems applying orthogonal frequency division multiplexing (OFDM), such as HIPERLAN/2, the operations for controlling a smart antenna are preferably performed in frequency domain. Also in this case, the access point estimates the timing and frequency offsets of each terminal preferably in the time domain, *i.e.* upon reception even before spatial filtering. Upon reception of simultaneous transmission by several terminals with different time and frequency offsets, these offsets cannot be estimated before spatial filtering. Thus, to make space division possible in systems with one training sequence choice, in addition to the spatial signature also the time and frequency offset estimates should be stored in a situation in which a training sequence is received from the terminal in such a way that no transmission is simultaneously received from another terminal.

35 Figure 3 shows the receiver block RX of an access point according to an advantageous embodiment of the invention in a reduced block

chart. The receiver block is intended for receiving OFDM modulated signals. The OFDM modulated signals transmitted by the terminals are received in different antenna elements. Each antenna element of the smart antenna is provided with a receiver block comprising a high-

5 frequency part RF1, RF2, RFn, an analog-to-digital converter AD1, AD2, ADn, a correction block E1, E2, En, a time-to-frequency converter FFT1, FFT2, FFTn, such as a fast Fourier converter, and a radio channel estimation block w1, w2, wn. In the high-frequency part RF1, RF2, RFn, the high-frequency signal is converted to one or several inter-

10 mediate frequencies, or the signal can be directly converted to a base-band signal. After this, the analog signal is converted to digital form in an analog-to-digital converter AD1, AD2, ADn. The correction block E1, E2, En is used for estimating and correcting the time and frequency offsets of the terminal. This is preferably performed by means of the

15 formulas (1) to (11) presented above, but it is obvious that also other methods can be used for determining the spatial signatures as well as for correcting time and frequency offsets and the channels in connection with the present invention. It should be noted herein that the correction of time and frequency offsets should be the same in all the

20 receiver branches when the different branches are synchronized with each other. It is thus possible to improve the time and frequency offset estimates for example by averaging the estimates of the different antenna branches. After making the corrections, the signals are converted to the frequency domain in the time-to-frequency converter

25 FFT1 FFT2, FFTn. In the access point AP1, AP2, the estimation of the radio channel is performed for each antenna branch separately. From the radio channel, a spatial signature is obtained, which is used in a combination phase C for signal weighting and combining. In the uplink, it is also possible to estimate the signal interference content and to

30 perform interference attenuation preferably by filtering (filtering out). The spatial signature can be used in the transmission of the downlink phase, but primarily without filtering out the interference, because the sources of interference in uplink and downlink are generally not the same. After the combination, a new channel estimation (H) can be

35 performed in a second estimation block S and correction in a channel corrector EQ. The channel corrected signal is decoded in a decoder DEC to determine the signal transmitted from the terminal.

The receiver block RX transmits the spatial signature formed on the basis of the channel filtering terms to the transmitter block TX to be used in data transmission from the access point to the terminal.

- 5     Although the combination block C is presented above to be placed in the frequency domain right after the channel estimation block  $w_1, w_2, w_n$ , the combination block can also be placed either in the time domain before the time and frequency offset correction blocks  $E_1, E_2, E_n$ , wherein the correction of time and frequency offsets and channel estimation are performed on the combined signal, or alternatively after the
- 10    channel corrector EQ. In this latter alternative, the channel corrections are thus performed separately for each receiving block, after which the signals are first combined for decoding.
- 15    Figure 4 shows the structure of a transmitter block according to an advantageous embodiment of the invention in a reduced block chart. The bits to be transmitted from the access point AP1, AP2 to the terminal MT1–MT4 are encoded and modulated in an encoding and modulation block M. After this, the modulated signal is led to an
- 20    antenna adapter W to weight the modulated signal and to divide it into different transmission branches on the basis of the spatial signature transmitted by the receiver block RX to the transmitter block TX and based on the channel estimations made. The purpose of this is to maximize the power received by the desired terminal. Each transmission branch preferably comprises a frequency-to-time converter IFFT1, IFFT2, IFFTx for converting the signal to the time domain. Furthermore, the transmission branches have a digital-to-analog converter DA1, DA2, DAn for converting a digital signal into analog form, before the signal is led to the high frequency part RF1, RF2, RFn and antenna
- 25    ANT1, ANT2, ANTn of the transmission branch.
- 30    ANT1, ANT2, ANTn of the transmission branch.

- In the above-described receiver block RX, *e.g.* the time-to-frequency converters can also be implemented with one time-to-frequency converter FFT1, FFT2, FFTn, if there is a sufficiently fast converter available as well as a required memory capacity for storing the information produced in the correction blocks of the receiver branches before the
- 35    time-to-frequency conversion. In a corresponding manner, the fre-

quency-to-time conversions can be made in one sufficiently fast frequency-to-time converter IFFT1, IFFT2, IFFTx in the transmission block TX. Also in this case, the access point AP1, AP2 must have a sufficient memory capacity for intermediate storage of the signals to be converted to the time domain.

In the following, the invention will be described in a situation in which the same time slot of the transmission phase and the receiving phase are used in data transmission between the access point AP1, AP2 and more than one terminal MT1–MT4. Such a situation is illustrated in the appended Figs. 5 and 6. Figure 5 shows receiving operation and Fig. 6 shows transmission operation. For clarity, Figs. 5 and 6 show the operational blocks required for serving two terminals only, but the operation can be easily expanded to cover several terminals using the same time slot. The operation of the high-frequency part RF1, RF2, RFx and the analog-to-digital converter AD1, AD2, ADx of the receiver branch RX substantially corresponds to the situation of one terminal. After this, the signals converted into digital format are transferred in the correction block E in such a way that the corrections are made separately for these signals of different terminals on the basis of time and frequency offset estimates stored in a memory. In practical applications, this can be made either in parallel, *i.e.* so that the separate operational blocks E11, E12 are implemented for each terminal to be served simultaneously, or in serial format (consecutively), wherein the same operational parts are used for processing the signal transmitted by each terminal. This latter alternative requires more memory capacity, because the digital samples of the signals must be stored to wait for processing. In the example of Fig. 5, the principle of parallel performance is applied, wherein the correction block E is divided into two different correction parts E11, E12.

The first correction part E11 is used for correction of time and frequency offset according to a first terminal and, respectively, the second correction part E12 is used for correction according to a second terminal. Also in this situation, the corrections are based on time and frequency offset estimations made for different terminals in an earlier frame at the access point. Thus, the correction part E11, E12 uses



terms of correction of timing and frequency offsets estimated for the terminal. Figure 3 shows, with a thick line, the path of signals of the first terminal in the receiver block RX and, with a respective thin line, the path of signals of the second terminal in the receiver block RX. After the correction, the terminal-specific signals are subjected in the receiver branches RX to time-to-frequency conversions FFT11, FFT12; FFT21, FFT22; FFTn1, FFTn2, after which the signals of each terminal, converted to the frequency domain, are combined in combination blocks C1, C2 to one terminal-specific signal. This is performed on the basis of spatial signatures estimated in the earlier frame. The combined signals of different terminals can still be subjected to channel estimation S1, S2 and channel correction EQ1, EQ2 before decoding. In the decoder DEC1, DEC2, the signal of each terminal is decoded to be used in other operations of the access point, such as transmission of the signal further to a data network.

In a corresponding manner, the transmission operation can be implemented in a way presented in the example of Fig. 6, primarily like the transmitter of Fig. 4. As an addition in this example, there are signal encoding and modulation blocks M1, M2 for each terminal to be served simultaneously. Also the corrections to be performed on the basis of the spatial signatures are divided into separate blocks, but in practical applications, it is also possible to apply either parallel operation or serial operation in the transmitter. The encoded and modulated signals are transferred to a channel compensation block W, in which the signals are subjected to channel compensation on the basis of channel estimates, wherein the signal to be led to each antenna branch is weighted so that each terminal to be served will receive the signal intended for it at a maximum output, but signals intended for other terminals to be served simultaneously at a minimum output. From the channel compensation block W1, W2, the signals are transferred to a summing block with a summer SUM1, SUM2, SUMn for each antenna branch. In the summer, the signals of different terminals are summed. These combined signals are further subjected to frequency-to-time conversion in a frequency-to-time conversion block, after which the signals are converted to analog signals. The analog signals are further

converted to radio-frequency signals in a radio part, and led to the antenna.

5 In this context, it should be mentioned that even though the service of one terminal (Figs. 3 and 4) and the service of several terminals (Figs. 5 and 6) have been described above by means of separate charts, it is obvious that in practical applications, the same receiver block and transmission block are used at access points in both situations. Thus, it is possible to operate in such a way that when one terminal is being  
10 served at a time, the timing and frequency offsets as well as the channel are estimated and corrected in the receiver and said estimates are stored in a memory. When several terminals are being served simultaneously, the timing and frequency offset and channel estimates (spatial signatures) stored in the memory are used. Thus, the timing and  
15 frequency offset and channel estimates are updated at intervals.

In another advantageous embodiment of the invention, in a situation of serving several terminals, signal combination and the compensation of timing and frequency offsets are performed after the analog-to-digital  
20 conversion in the time domain, before the frequency-to-time conversions. Thus, the terminal-specific estimates for timing and frequency offsets do not need to be stored in a memory. One advantage of this embodiment is that the change in the time and frequency offsets can be even faster than the rate of channel changes. In a corresponding  
25 manner, signal weighting can thus be made at the access point in the transmission phase first after the frequency-to-time conversion in the time domain.

In a communication system applying only one training sequence in the  
30 transmission of signals, only one radio channel used by the terminal can be estimated at a time. However, if the properties of the radio channel do not change too fast and if the other relevant properties, such as timing and frequency offsets, remain relatively constant, the space division multiple access technology can be applied in such a  
35 way that the estimations are made at different times for different terminals. These estimates are stored in a memory, wherein they are used in the transmission of signals from the access point to the terminal and

in the reception of signals from the terminal at the access point, respectively, until the estimation is performed for the terminal the next time. How often the estimation is performed, will depend *e.g.* on the fact how rapidly the properties of the radio channel change.

5

In the method according to the present invention, one substantial fact is that during the time when the access point is performing timing and frequency offset estimations for one terminal, the other terminals must not transmit to the access point in question. This means that the access point allocates one or more uplink time slots UL for transmission by the terminal to be measured and another time slot or time slots for other terminals, if necessary. In the HIPERLAN/2 system, the access point can perform this allocation of time slots independently, irrespective of other possible access points. When the access point is not performing timing offset, frequency offset or channel estimations, the access point can allocate the same transmission and downlink time slots for several terminals, if the terminals are located in such a way that their spatial signatures are sufficiently different. Furthermore, the access point can take measurements on a signal possibly transmitted by a terminal during a random access phase RA.

Figure 7 shows, in a reduced chart, an example situation in which space division timing is applied in the timing of downlink and uplink time slots to be allocated to terminals. In the example, two terminals are used, the time slots reserved for them shown in the figures, but it is obvious that in practical applications, there may be downlink and uplink time slots allocated for several different terminals in one frame. In the first frame indicated with reference 701 in Fig. 7, the uplink time slots 702, 703 allocated for terminals MT1, MT2 are placed one after the other in time, wherein the terminals MT1, MT2 do not transmit simultaneously. Thus, the access point converts the signal received from the first terminal MT1 to digital format and performs time and frequency offset and channel estimation on the basis of the time slot 702, as presented above. The access point stores the estimation results in a memory and performs the corresponding operations on the basis of the signal received from the second terminal MT2 during the time slot 703. After the access point has performed the timing offset, frequency offset

and channel estimations, the access point performs a deduction to find out if it is possible to allocate overlapping downlink and/or uplink time slots to some terminals MT1, MT2. In the situation of Fig. 7, the access point has allocated overlapping downlink time slots 704, 705 as well as uplink time slots 706, 707 to two terminals MT1, MT2. The lengths of these time slots are not necessarily the same, because the quantity of information to be transmitted is not necessarily the same. Furthermore, the estimation can also be performed for the time of more than one time slot, wherein the estimation accuracy can be improved. The access point can also monitor the stability of the channel and the timing and frequency offsets of the terminals to determine which terminals have connections in which space division multiple access technology can be applied. On the other hand, on the basis of the stability monitoring, the access point can also determine how often said estimations should be performed.

In view of downlink time slots, the access point primarily needs to perform estimation of the spatial signatures of the terminals, but in view of uplink time slots, timing and frequency offset estimation is also needed to apply space division multiple access technology.

In the same frame, it is possible to use both the principle of serving one terminal and the space division timing, wherein the same frame may contain such time slots in which only one terminal transmits/receives and such time slots in which two or more terminals transmit/receive at least partly simultaneously. Timing offsets are normally slightly changed according to the position of the time slot addressed for the terminal in the data frame. Thus, the position of the time slots in the frame to be used for estimation of terminals to be served simultaneously can be advantageously selected to be substantially the same as the position of simultaneous uplink and downlink time slots to be addressed later on to these terminals in the data frame. This means that the estimation of different terminals is performed in different data frames. Alternatively, the access point may attempt to model the changing of the timing and frequency offsets of the terminals, wherein the access point can perform estimation of several terminals during one frame but not simultaneously but in different time slots. On the

basis of the estimation and the modelling, the access point can estimate the parameters to be used in the correction, even though the position of the estimation time slots were different from the position of the time slots used in the connection.

5

The data transmission capacity is preferably maximized by minimizing the time when the access point serves only one terminal at a time. Thus, the duration of the transmission of a terminal in the uplink time slots of the estimation frames is advantageously set as short as possible. This can be achieved for example in such a way that the access point transmits to the terminal a control message or the like which has the effect that the terminal transmits only the training sequence or a so-called empty packet in the time slot to be used in estimation. Furthermore, in a situation in which the terminal only seldom sends information to the access point, the access point can control the terminal to send only the training sequence or an empty packet before the transmission of the actual information. On the basis of this received training sequence, the access point can thus determine *e.g.* the spatial signature of the terminal and set the directional pattern of the antenna suitable. On the other hand, the access point can request for example the transmission of measurement data at intervals, if the terminal has only infrequently information to be transmitted. For example, in the HIPERLAN/2 system, the terminal takes measurements, such as measurements of the received signal strength (RSS), and reports on these to the access point.

Further, Fig. 8 shows a situation in which the access point performs estimation in such data frames in which two or more terminals are served simultaneously. Also in this case, estimation has been performed at least once by the above-described method, wherein the access point has determined for example the terminals which can be served simultaneously. Furthermore, the access point has timed the uplink time slots of such terminals to be served simultaneously in such a way that one terminal starts the transmission before the other terminals. For example, in Fig. 8, in the first data frame 801, a first terminal MT1 starts the transmission 802 of a training sequence before the transmission 803, 804 of the other terminals MT2, MT3. This

transmission of the training sequence is illustrated with a darker part in the uplink time slots allocated for the transmission 802, 803, 804 by different terminals. It is essential in this advantageous embodiment of the invention that when this terminal transmitting first is transmitting a training sequence, the other terminals are not transmitting. In the example situation of Fig. 8, a second terminal MT2 starts a transmission 805 before the beginning of the transmission 806, 807 of the other terminals MT1, MT3 in a second data frame 808.

Thus, for each terminal, the access point must determine whether space division multiple access technology can be applied for it, that is, whether the terminal can be served simultaneously with one or more other terminals. Furthermore, the access point must select the terminals to be served simultaneously. This selection can be made *e.g.* one data frame at a time, or less frequently. The successful making of these deductions is affected *e.g.* by the fact how well the access point can determine the spatial signature of each terminal. For example, if two terminals are located very close to each other in the same room, the access point may find the spatial signatures of these terminals to be very similar. Thus, the access point may deduce that they cannot be served simultaneously. It is obvious that the terminals to be served simultaneously are not necessarily the same all the time, but they can be changed. Also the number of terminals to be served simultaneously can vary.

In view of applying space division multiple access technology, it is advantageous that the lengths of the transmissions, *i.e.* the packets, of the terminals to be served simultaneously are in the same order. Thus, also the packet length can be used as a criterion for selecting the terminals to be served simultaneously. On the other hand, the access point can have some effect on the packet length. For example, a long packet can be split into smaller parts which are transmitted separately. Thus, a shorter packet intended for another terminal can have the length of such a part of a longer packet, and said short packet can be transmitted together with the part of the longer packet by space division multiple access.

Figure 9 shows a terminal MT1 according to yet another advantageous embodiment of the invention, and Fig. 10 shows an access point according to an advantageous embodiment of the invention. The mobile terminal MT1 preferably comprises data processing functions PC and communication means COM for setting up a data transmission connection to a wireless local area network. The mobile terminal can also be formed in such a way that a data processing device, such as a portable computer, is connected with *e.g.* an auxiliary card comprising said communication means COM. The data processing functions PC preferably comprise a processor 2, such as a microprocessor, a microcontroller or the like, a keypad 3, a display means 4, memory means 5, and connection means 6. Further, the data processing functions PC can comprise audio means 7, such as a speaker 7a, a microphone 7b, and a codec 7c, wherein the user can also use the mobile terminal MT1 *e.g.* for the transmission of speech. Information intended to be transmitted from the mobile terminal MT1 to the local area network is preferably transferred via the connection means 6 to the communication means COM. In a corresponding manner, information received from the local area network 1 in the mobile terminal MT1 is transferred to the data processing functions PC via said connection means 6.

The communication means COM preferably comprise *e.g.* an antenna 30, an antenna switch 27, a radio part 8, an encoder 9, a modulator 20, a demodulator 21, a decoder 10, a control means 11, and a reference oscillator 12. Further, the communication means COM comprise a memory 13 *e.g.* for forming transmission and receiving data buffers required in the communication. The reference oscillator 12 is used to form the necessary timings to synchronize the transmission and reception to the transmission and reception of the access point, as will be described below in this description. The reference oscillator 12 can also be used to form timing signals for the control means 11. It is obvious that the frequency formed by reference oscillator 12 cannot be used as such to set the channel frequency and to form the timing signals for the control means 11, wherein in practical solutions, frequency conversion means (not shown) are used to convert the frequency of the

reference oscillator 12 to frequencies required in the radio part and to a frequency suitable for controlling the operation of the control means 11.

5 In a corresponding manner, the access point AP1 comprises first communication means 15 for setting up a data transmission connection to mobile terminals MT1–MT4. The wireless network 1 according to the invention can be implemented as a local area network with no connection to external data networks. Thus, it may be sufficient to have one access point AP1 to which the mobile terminals MT1–MT4 of the local  
10 area network are connected. In the wireless local area network, a data transmission connection 16 is preferably arranged from one or more access points AP1, AP2 to a data processing device S which is generally called a server computer or, shorter, a server. Such a server comprises, in a way known as such, data bases of a firm, application software, *etc.* in a centralized manner. The users can thus start up applications installed on the server via the mobile terminal MT1. The server S or access point AP1 can also comprise second communication means 17 for setting up a data transmission connection to another data network, such as the Internet network or the UMTS mobile communication network.  
20

Each access point and mobile terminal is allocated an identification, wherein the access points are aware of which mobile terminals are coupled to the access point at a time. In a corresponding manner, the  
25 mobile terminals make a distinction between the frames transmitted by different access points. These identifications can also be used in such a situation in which the connection of a mobile terminal is handed over from one access point to another access point, *e.g.* as a result of impaired quality of connection.

30 In the method according to the present invention, the functions can, for a major part, be implemented in the application software of the access point AP1, AP2, such as in the application software of a controller 19 and/or in the application software of a digital signal processing unit 24, wherein significant changes in the equipment according to prior art are  
35 not necessary. On the other hand, part of the signal processing functions, such as time-to-frequency conversions and frequency-to-time



conversions can also be implemented by utilizing hardware-based solutions.

5 It is obvious that the present invention is not limited solely to the embodiments presented above, but it can be modified within the scope of the appended claims.

Claims:

1. A method for arranging communication between terminals (MT1–MT4) and an access point (AP1, AP2) in a communication system (1) applying data transmission frames (FR) which comprise at least downlink time slots (DL) for performing data transmission from the terminals (MT1–MT4) to the access point (AP1, AP2), and uplink time slots (UL) for performing data transmission from the access point (AP1, AP2) to the terminals (MT1–MT4) via a wireless communication channel, and in which method the terminals (MT1–MT4) can be allocated one or more time slots (702–707, 802–807) of said frames, **characterized** in that in at least part of said frames (FR), at least partly simultaneous time slots (704–707, 802–804) are allocated to at least two terminals (MT1–MT4), wherein in the method, the spatial signature of at least said two terminals (MT1–MT4) is determined, that in the method, measurements are taken to estimate the timing and frequency offsets and the properties of the communication channel, which measurements are taken at least partly on the basis of a signal transmitted by the terminal (MT1) to the access point (AP1, AP2), wherein the results of said measurements are used to select the terminals (MT1–MT4) to which simultaneous time slots (702–707, 802–807) are to be allocated, and that during said measurements, the other terminals (MT1–MT4) communicating with the access point (AP1, AP2) do not transmit a signal to said access point (AP1, AP2).

2. The method according to claim 1, **characterized** in that in the method, simultaneous transmission and/or reception for at least two terminals is implemented on the basis of selection of terminals (MT1–MT4) made on the basis of said measurement results.

3. The method according to claim 1 or 2, **characterized** in that in the data transmission frames (FR), also a random access phase (RA) is used, during which the terminal (MT1–MT4) can perform transmissions to the access point (AP1, AP2), that signals transmitted in said random access phase (RA) are stored at the access point, and that the stored signals are used to determine the spatial signature of the terminal (MT1–MT4).

4. The method according to claim 1, 2 or 3, **characterized** in that the stored signals are used to determine time and frequency offsets of the terminal (MT1–MT4).
5. The method according to any of the claims 1 to 4, **characterized** in that said measurements are used to determine the position of the terminal (MT1–MT4).
6. The method according to any of the claims 1 to 5, **characterized** in that in data transmission from the terminal (MT1–MT4) to the access point (AP1, AP2), at least the following steps are taken:
- a receiving step, in which signals transmitted by a terminal are received with at least two different antennas,
  - a first correction step, in which the received signals are corrected on the basis of the measured time and frequency offsets,
  - a first conversion step, in which the corrected signals are subjected to time-to-frequency conversion,
  - a first channel estimation step, in which the signals converted to the frequency domain are subjected to channel estimation and determination of the spatial signature,
  - a combination step, in which the signals are combined, and
  - a decoding step for decoding the combined signal to determine the information transmitted from the terminal (MT1–MT4).
7. The method according to claim 6, **characterized** in that said combination step is taken before said first correction step.

8. The method according to claim 6 or 7, **characterized** in that at least said first conversion step is taken substantially simultaneously for signals relating to different terminals.

5 9. The method according to claim 6 or 8, **characterized** in that at least said first conversion step is taken consecutively for signals relating to different terminals.

10 10. The method according to any of the claims 6 to 9, **characterized** in that after the combination step, also a second channel estimation and correction step is taken, in which properties of the communication channel are estimated on the basis of the combined signal, and the combined signal is corrected on the basis of the estimated properties of the communication channel.

15 11. The method according to any of the claims 6 to 10, **characterized** in that said combination step is taken after said second channel estimation and correction step.

20 12. The method according to any of the claims 6 to 11, **characterized** in that signals transmitted by at least two different terminals are received at the access point substantially simultaneously, wherein said first correction step, first conversion step, combination step and decoding step are taken separately for the signal of each terminal.

25 13. The method according to any of the claims 6 to 12, **characterized** in that in data transmission from the access point (AP1, AP2) to the terminal (MT1–MT4), at least the following steps are taken:

30 — an encoding step for encoding the signal to be transmitted,

— a weighting step, in which at least two transmission signals are formed of the signal to be transmitted,

35 — a second conversion step, in which said at least two transmission signals are subjected to frequency-to-time conversion, and

— a transmission step, in which the transmission signals converted to the time domain are transmitted.

5 14. The method according to claim 13, **characterized** in that the access point transmits to at least two different terminals (MT1–MT4) substantially simultaneously, wherein said encoding step and weighting step are taken separately for each signal to be transmitted to a terminal (MT1–MT4), and that in said weighting step, at least two transmission  
10 signals are formed of the signal to be transmitted to each terminal (MT1–MT4).

15 15. The method according to claim 13 or 14, **characterized** in that at least some of said steps are taken substantially simultaneously for signals relating to different terminals (MT1–MT4).

20 16. The method according to claim 13 or 14, **characterized** in that at least some of said steps are taken consecutively for signals relating to different terminals (MT1–MT4).

25 17. The method according to any of the claims 1 to 16, **characterized** in that in the method, the access point (AP1, AP2) uses an array of several antennas (ANT1, ANT2, ANTn) and having a variable directional pattern.

30 18. The method according to claim 17, **characterized** in that the antenna of the access point (AP1, AP2) used is an array of at least two antennas (ANT1, ANT2, ANTn), that signals are received at the access point (AP1, AP2) by the antennas (ANT1, ANT2, ANTn) of the array, and that signals transmitted by a terminal (MT1–MT4) and received via the antennas (ANT1, ANT2, ANTn) of the array are used in measurements.

35 19. The method according to claim 17 or 18, **characterized** in that information about the measured timing and frequency offsets as well as the spatial signature of the terminal (MT1–MT4) is stored at the access point (AP1, AP2), and that this information is used at least in the next

data frame during the time slots (702–707, 802–807) addressed to said terminal (MT1–MT4), to modify the directional pattern of the array of antennas and to perform time and frequency corrections.

5 20. The method according to claim 17, 18 or 19, **characterized** in that the timing and frequency offsets of the terminal (MT1–MT4) are measured with at least two different antennas (ANT1, ANT2, ANTn), and that an average is formed of the timing and frequency offsets measured with the different antennas (ANT1, ANT2, ANTn).

10

21. The method according to any of the claims 17 to 20, **characterized** in that at least said second conversion step is taken substantially simultaneously for signals relating to different antennas (ANT1, ANT2, ANTn).

15

22. The method according to any of the claims 17 to 20, **characterized** in that at least said second conversion step is taken consecutively for signals relating to different antennas (ANT1, ANT2, ANTn).

20

23. The method according to any of the claims 17 to 22, **characterized** in that in the method, for the remainder signal

$$r_n[k, p] = x_n[k, p] - H_n[k] \times d[k]$$

25

a position correlation matrix is determined

$$Q[k, p] = \bar{r}[k, p] \times \bar{r}[k, p]^H$$

30

in which  $x_n[k, p]$  is the  $n^{\text{th}}$  signal received from the antenna (ANT1, ANT2, ANTn) in the frequency domain at a subcarrier frequency corresponding to the  $p^{\text{th}}$  teaching symbol transmitted by the terminal in a training sequence,  $d[k]$  is the training symbol at a subcarrier  $k$ ,

$$H_n[k] = \left( \frac{1}{2} \sum_{p=1}^2 x_n[k, p] \right) \times d[k]^* \text{ is the frequency-domain radio channel}$$

35

calculated for the subcarrier  $k$  between the terminal and the antenna (ANT1, ANT2, ANTn) of the array of antennas of the base station,

$$\bar{r}[k, p] = (r_0[k, p], r_1[k, p], r_2[k, p], \dots, r_{N-1}[k, p])^T$$

the superscript  $H$  refers to complex conjugate transposition, the superscript  $*$  refers to complex conjugate, and the superscript  $T$  refers to transposition.

24. The method according to any of the claims 17 to 23, **characterized** in that said measurements are taken during several time slots to improve the accuracy of timing, frequency offset and channel estimates as well as to estimate time stability of the timing offset, frequency offset and channel properties, wherein the stability estimates are used to select the terminals (MT1–MT4) which are allocated simultaneous time slots (702–707, 802–807).

25. Method according to claim 24, **characterized** in that said stability estimates are used to estimate how often said measurements are taken.

26. The method according to claim 23, **characterized** in that in the method, at least the following steps are taken:

— a first weighting coefficient vector  $\bar{w}[k] = (H_0[k], H_1[k], H_2[k], \dots, H_{N-1}[k])^T$  is formed on the basis of the spatial signature,

— said correlation matrix  $(Q[k, p])$  is averaged over the frequency,

— an inverse matrix is calculated for the averaged space correlation matrix,

— said inverse matrix is averaged over the training symbols, and

— a second weighting coefficient vector is formed by multiplying the first weighting coefficient vector with the averaged inverse matrix:

$$\overline{w}_{opt}[k] = \left\{ \frac{1}{P} \sum_{p=1}^P \left[ \left( \frac{1}{K} \sum_{k=0}^{K-1} Q[k, p] \right) + \gamma \times I \right]^{-1} \right\} \times \overline{w}[k],$$

5 in which  $I$  is  $N \times N$  unit matrix and  $\gamma$  is a certain small constant.

27. The method according to any of the claims 1 to 26, **characterized** in that in the method, spatial filtering is performed in the time domain  
10 before estimation and correction of the timing and frequency offsets of the terminal (MT1–MT4), wherein the spatial signature of the terminal (MT1–MT4) is estimated on the basis time-domain signals corresponding to the different antenna elements, that the spatial signature is stored to be used in transmission and reception, and that the time and  
15 frequency offsets in the space filtered signal are estimated and corrected, and that the corrected signal is subjected to at least a conversion step to perform time-to-frequency conversion, a channel estimation step to perform and correct channel estimation, and a decoding step to decode the corrected signal to find out the information trans-  
20 mitted from the terminal (MT1–MT4).

28. The method according to claim 27, **characterized** in that the estimation of the spatial signature is performed by a recursive least squares (RLS) algorithm, known as such.

25 29. The method according to claim 27, **characterized** in that the spatial signature of the time domain is calculated on the basis of channel estimates of the frequency domain.

30 30. The method according to claim 27, 28 or 29, **characterized** in that the access point receives substantially simultaneously signals transmitted by at least two different terminals, wherein said spatial signatures stored in the memory are used in spatial filtering, and that said combination step, first correction step, first conversion step, first chan-



nel estimation step, and decoding step are separately performed for the signal of each terminal.

- 5 31. The method according to any of the claims 27 to 30, **characterized** in that in data transmission from the access point to the terminal, the weighting of signals to be led to the antennas (ANT1, ANT2, ANTn) is performed at the access point (AP1, AP2) after the second conversion step in the time domain.
- 10 32. The method according to any of the claims 1 to 31, **characterized** in that the position of time slots to be used for estimation of terminals (MT1–MT4) to be served simultaneously is selected to be substantially the same as the position of simultaneous uplink and downlink time slots to be allocated to these terminals (MT1–MT4) later on in the data
- 15 frame (FR).
33. The method according to any of the claims 1 to 32, **characterized** in that the data transmission capacity is maximized by minimizing the time used by the access point for serving only one terminal at a time.
- 20 34. The method according to claim 33, **characterized** in that in the time slot used for estimation, the terminal only transmits a training sequence or an empty packet.
- 25 35. The method according to any of the claims 1 to 34, in which the terminals transmit information in packets, **characterized** in that the lengths of the packets transmitted by the terminals to be served simultaneously are set to be substantially equal.
- 30 36. The method according to claim 35, **characterized** in that to set the packet length, packets are split into smaller parts which are transmitted separately.
- 35 37. A communication system (1) comprising at least an access point (AP1, AP2) and terminals (MT1–MT4), means (8, 15) for data transmission between the terminals (MT1–MT4) and the access point (AP1, AP2), in which communication data transmission frames (FR) are

arranged to be used, comprising at least downlink time slots (DL) for data transmission from the terminals (MT1–MT4) to the access point (AP1, AP2), and uplink time slots (UL) for data transmission from the access point (AP1, AP2) to the terminals (MT1–MT4) via a wireless communication channel (CH), and which communication system (1) comprises means (18) for allocating one or more time slots (702–707, 802–807) of said frames to the terminals (MT1–MT4), **characterized** in that the communication system (1) also comprises:

- 10 — means (18, 19) for allocated at least partly overlapping time slots (704–707, 802–807) to at least two terminals (MT1–MT4) in at least part of said frames (FR),
- 15 — means (ES) for determining the spatial signature of at least said two terminals (MT1–MT4),
- means (RX) for taking measurements for estimating the timing and frequency offsets of the terminal (MT1–MT4) and the properties of the communication channel at least partly on the basis of the signal transmitted by the terminal (MT1) to the access point (AP1, AP2),
- 20 — means (19) for selecting the terminals (MT1–MT4) which are allocated overlapping time slots (702–707, 802–807), in which selection the results of said measurements are arranged to be used, and
- 25 — means (18) for preventing transmission to the access point (AP1, AP2) by other terminals (MT2–MT4) communicating with the access point (AP1, AP2) during said measurements.
- 30

38. An access point (AP1, AP2) comprising means (15) for data transmission between terminals (MT1–MT4) and the access point (AP1, AP2) in a communication system (1), in which data transmission data transmission frames (FR) are arranged to be used, comprising at least downlink time slots (DL) for data transmission from the terminals

35

(MT1–MT4) to the access point (AP1, AP2), and uplink time slots (UL) for data transmission from the access point (AP1, AP2) to the terminals (MT1–Mt4) via a wireless communication channel (CH), and which communication system (1) comprises means (18) for allocating one or more time slots (702–707, 802–807) of said frames to the terminals (MT1–MT4), **characterized** in that the access point (AP1, AP2) also comprises:

- means (18, 19) for allocated at least partly overlapping time slots (704–707, 802–807) to at least two terminals (MT1–MT4) in at least part of said frames (FR),
- means (ES) for determining the spatial signature of at least said two terminals (MT1–MT4),
- means (RX) for taking measurements for estimating the timing and frequency offsets of the terminal (MT1–MT4) and the properties of the communication channel at least partly on the basis of the signal transmitted by the terminal (MT1) to the access point (AP1, AP2),
- means (19) for selecting the terminals (MT1–MT4) which are allocated overlapping time slots (702–707, 802–807), in which selection the results of said measurements are arranged to be used, and
- means (18) for preventing transmission to the access point (AP1, AP2) by other terminals (MT2–MT4) communicating with the access point (AP1, AP2) during said measurements.

39. The access point (AP1, AP2) according to claim 38, **characterized** in that the data transmission frames (FR) also apply a random access phase (RA), during which the terminal (MT1–MT4) can perform transmissions to the access point (AP1, AP2), that said access point comprises means (14) for storing signals transmitted in said random access

phase (RA), and means (19) for using the stored signals to determine the spatial signature of the terminal (MT1–MT4).

5 40. The access point (AP1, AP2) according to claim 38 or 39, **characterized** in that the access point (AP1, AP2) comprises an array of several antennas (ANT1, ANT2, ANTn) and having a variable directional pattern.

10 41. The access point (AP1, AP2) according to claim 40, **characterized** in that the antenna of the access point (AP1, AP2) used is an array of at least two antennas (ANT1, ANT2, ANTn), that the access point (AP1, AP2) comprises means for receiving signals with the antennas (ANT1, ANT2, ANTn) of the array, and means for using signals transmitted by the terminal (MT1–MT4) and received via the antennas  
15 (ANT1, ANT2, ANTn) of the array, in measurements.

20 42. The access point (AP1, AP2) according to claim 40 or 41, **characterized** in that it comprises means (14) for storing information on the timing and frequency offsets of the terminal (MT1–MT4), and means (19, ANT1, ANT2, ANTn) for changing the directional pattern of the antenna in at least the next data frame for the time of time slots (702–707, 802–807) addressed to said terminal (MT1–MT4) on the basis of the spatial signature of said terminal (MT1–MT4).

25 43. The access point (AP1, AP2) according to claim 40, 41 or 42, **characterized** in that it comprises means (ANT1, ANT2, ANTn, RX) for measuring the timing and frequency offsets of the terminal (MT1–MT4) with at least two different antennas, and means (19) for forming an average of the timing and frequency offsets measured with the different antennas.  
30

35 44. The access point (AP1, AP2) according to any of the claims 40 to 43, **characterized** in that the means (ANT1, ANT2, ANTn, RX) for measuring the timing and frequency offsets of the terminal (MT1–MT4) comprise at least:

- receiving means (RF1, RF2, RFn) for receiving signals transmitted by the terminal with at least two different antennas,
- 5 — correction means (E1, E2, En) for correcting the received signals on the basis of the measured time and frequency offsets,
- 10 — first conversion means (FFT1, FFT2, FFTn) for performing a time-to-frequency conversion on the corrected signals,
- channel estimation means (w1, w2, wn) for performing channel estimation on the signals converted to the frequency domain,
- 15 — combining means (C) for combining the filtered signals, and
- decoding means (DEC) for decoding the combined signal to determine the information transmitted from the terminal (MT1–MT4).
- 20

45. The access point (AP1, AP2) according to claim 44, **characterized** in that it also comprises channel correction means (EQ) for correcting the combined signal on the basis of the properties of the communication channel estimated from the combined channel.

25

46. The access point according to claim 44 or 45, **characterized** in that it comprises means for receiving signals transmitted by two different terminals substantially simultaneously, wherein the access point (AP1, AP2) comprises said correction means, first conversion means (FFT1, FFT2, FFTn), combining means (C) and decoding means (DEC) for processing the signal of each terminal separately.

30

47. The access point (AP1, AP2) according to any of the claims 40 to 46, **characterized** in that in data transmission from the access point (AP1, AP2) to the terminal (MT1–MT4), at least the following steps are taken:

35

- encoding means (M) for encoding the signal to be transmitted,
  - 5 — weighting means (W) for forming at least two transmission signals from the signal to be transmitted,
  - second conversion means (IFFT1, IFFT2, IFFTn) for performing a frequency-to-time conversion on said at least two
  - 10 transmission signals, and
  - transmission means (RF1, RF2, RFn) for transmitting the transmission signals converted to the time domain.
- 15 48. The access point (AP1, AP2) according to claim 47, **characterized** in that it comprises means (TX) for transmitting signals to at least two different terminals substantially simultaneously, wherein the access point (AP1, AP2) comprises said encoding means (M) and weighting
- 20 means (W) for processing the signals to be transmitted to each terminal substantially simultaneously.

Abstract

The invention relates to a method for arranging communication between terminals (MT1–MT4) and an access point (AP1, AP2) in a communication system (1) applying data transmission frames (FR). The data frames (FR) comprise at least downlink time slots (DL) for performing data transmission from the terminals (MT1–MT4) to the access point (AP1, AP2), and uplink time slots (UL) for performing data transmission from the access point (AP1, AP2) to the terminals (MT1–MT4) via a wireless communication channel. In the method, the terminals (MT1–MT4) can be allocated one or more time slots (702–707, 802–807) of said frames. In the method, the spatial signature of at least said two terminals (MT1–MT4) is determined, and in at least part of said frames (FR), at least partly simultaneous time slots (704–707, 802–804) are allocated to at least two terminals (MT1–MT4). In the method, measurements are also taken to estimate the timing and frequency offsets and the properties of the communication channel, which measurements are taken at least partly on the basis of a signal transmitted by the terminal (MT1) to the access point (AP1, AP2), wherein the results of said measurements are used to select the terminals (MT1–MT4) to which simultaneous time slots (702–707, 802–807) are to be allocated. During said measurements, the other terminals (MT1–MT4) communicating with the access point (AP1, AP2) do not transmit a signal to said access point (AP1, AP2).

Fig. 3

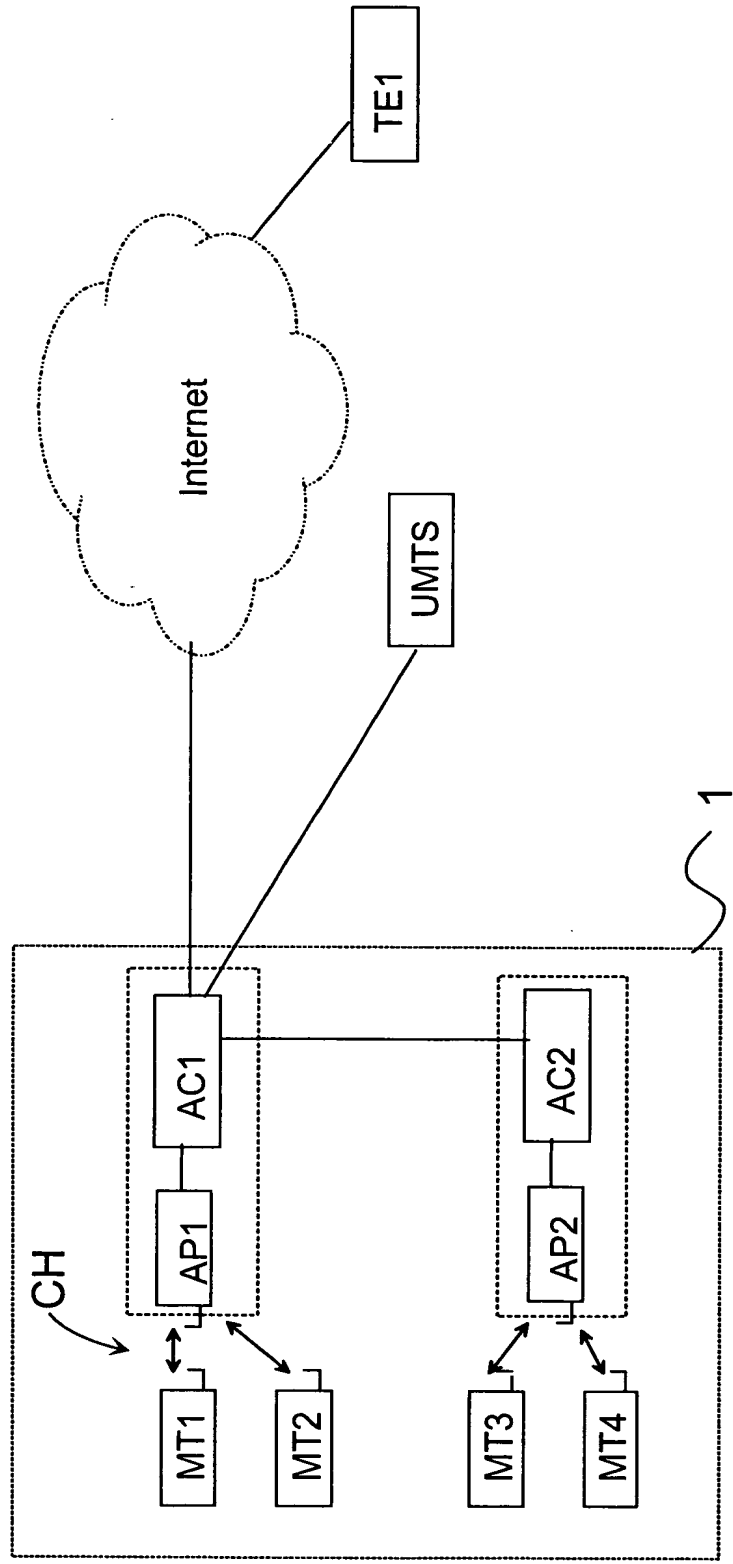


Fig. 1



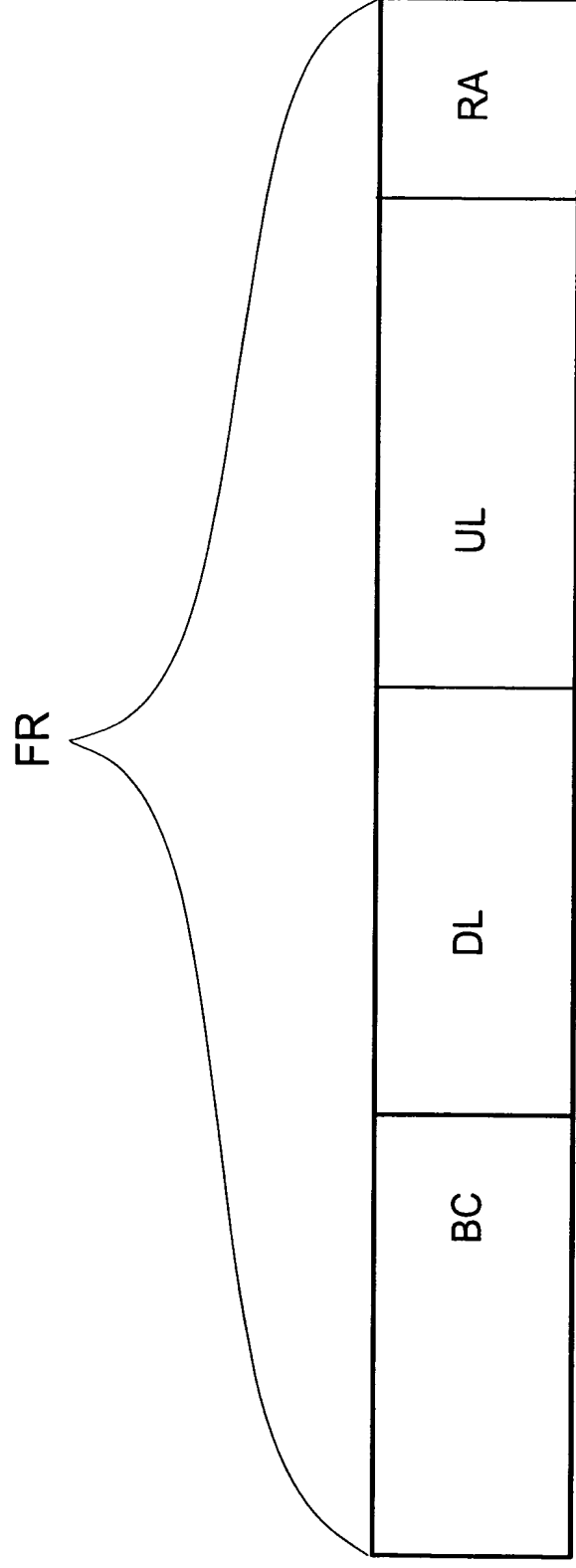


Fig. 2

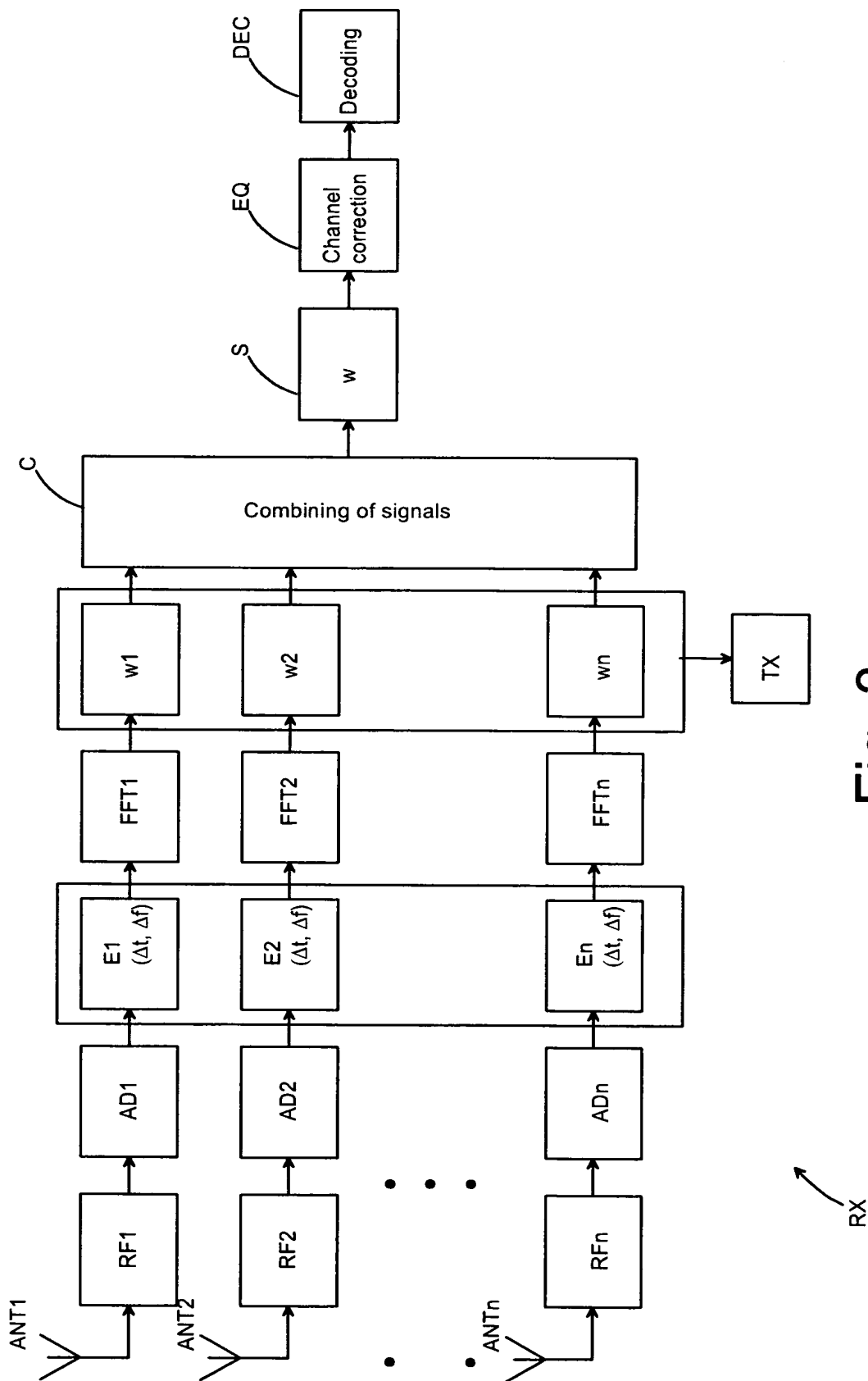


Fig. 3

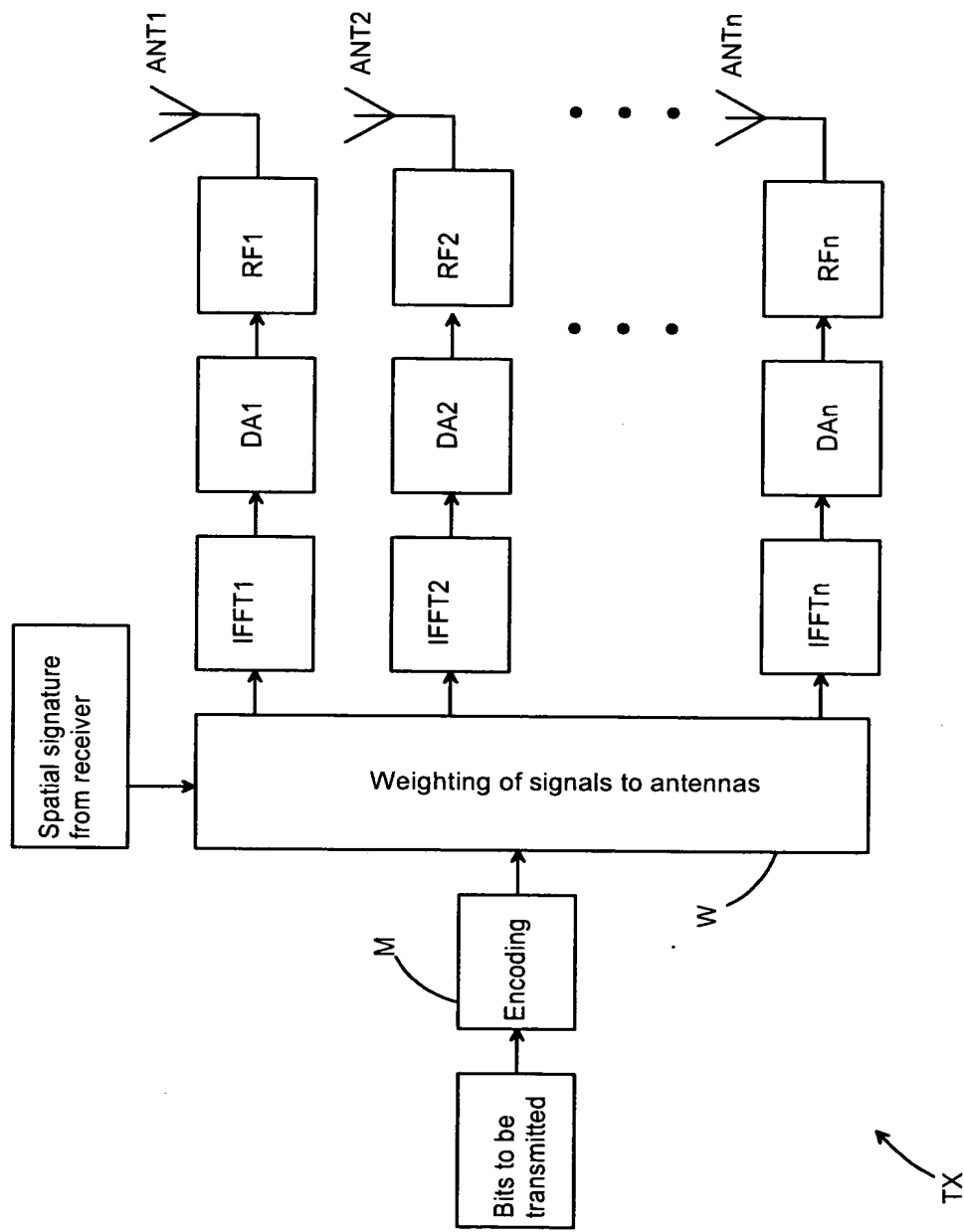


Fig. 4

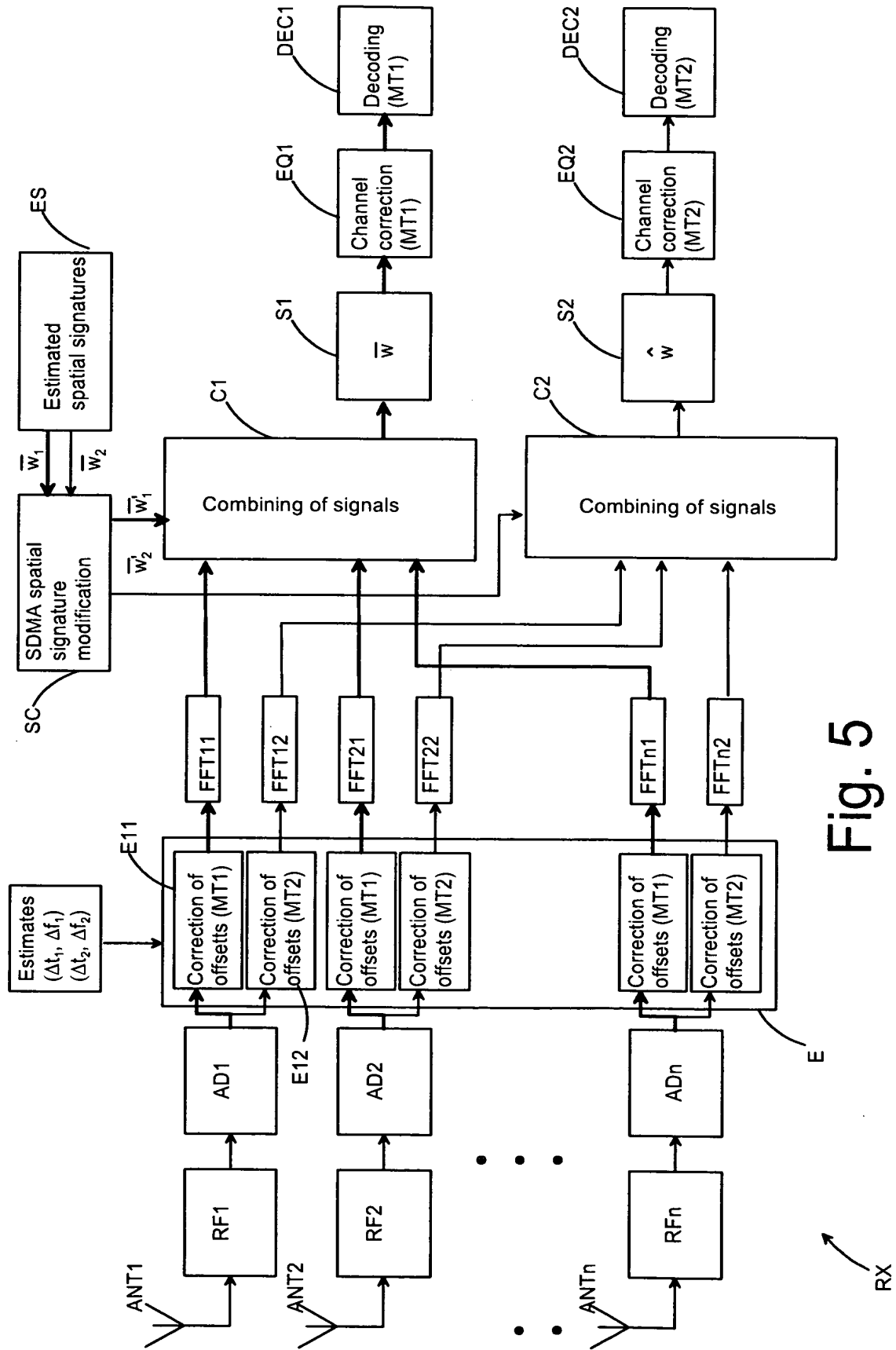


Fig. 5

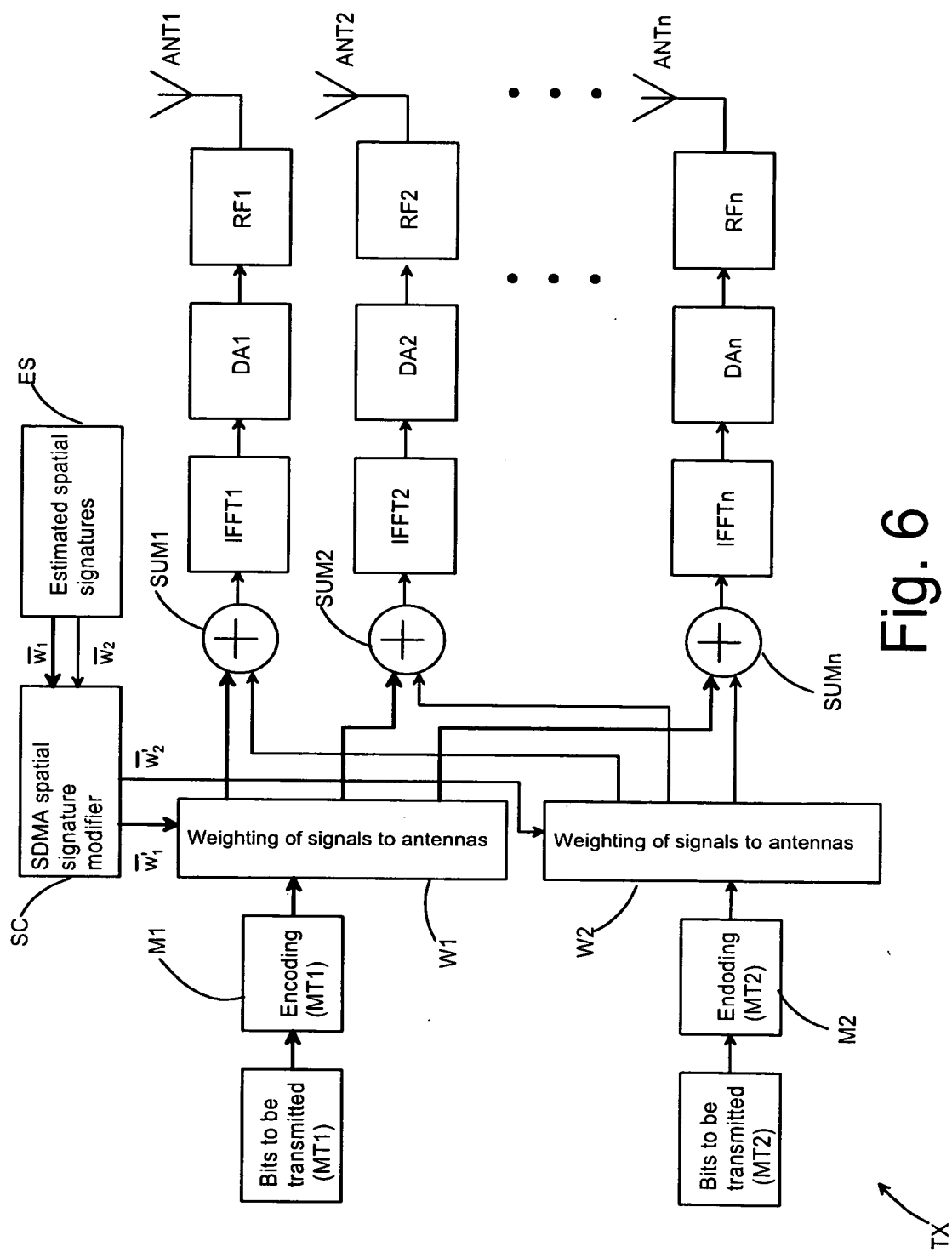


Fig. 6

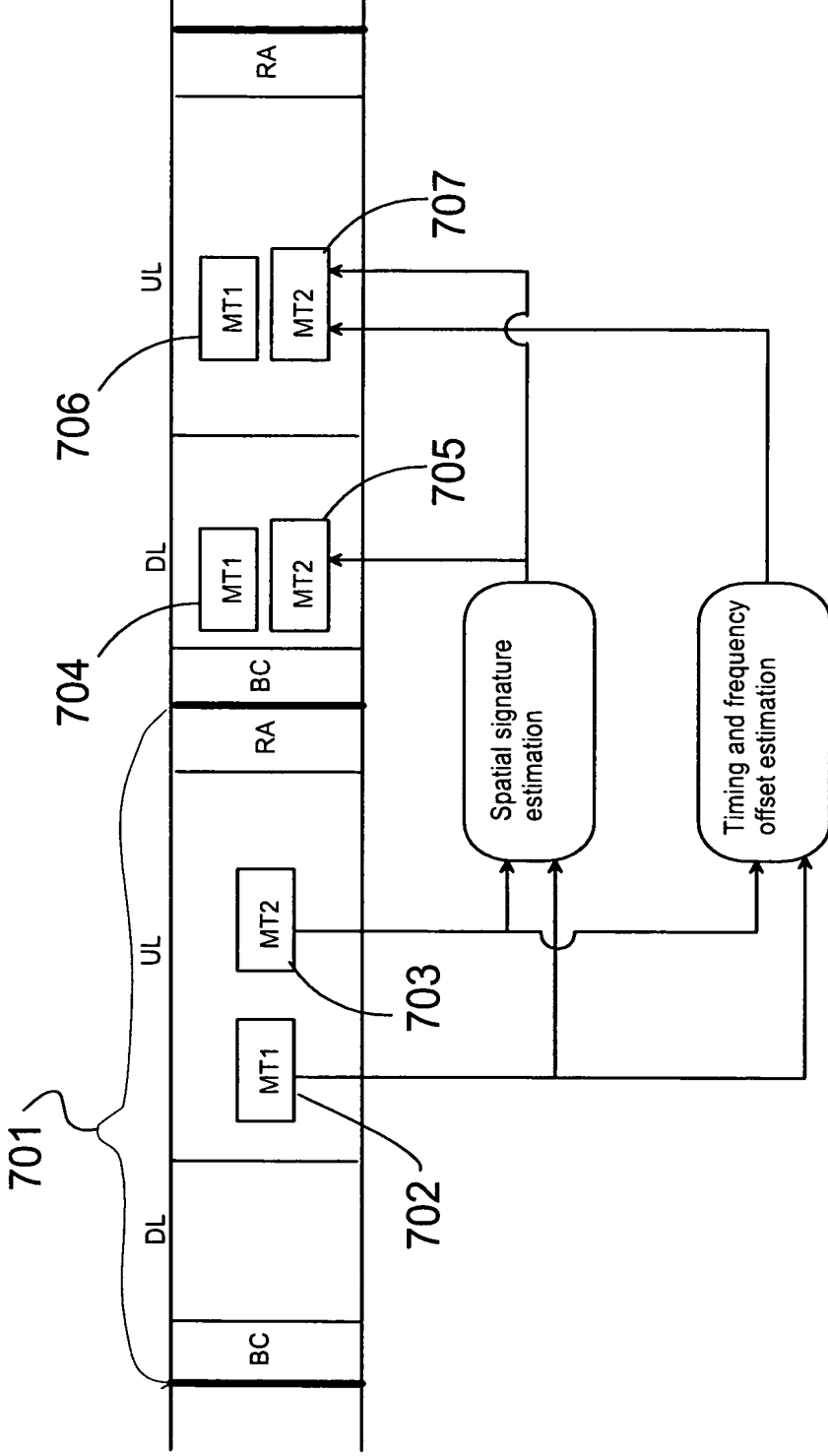


Fig. 7

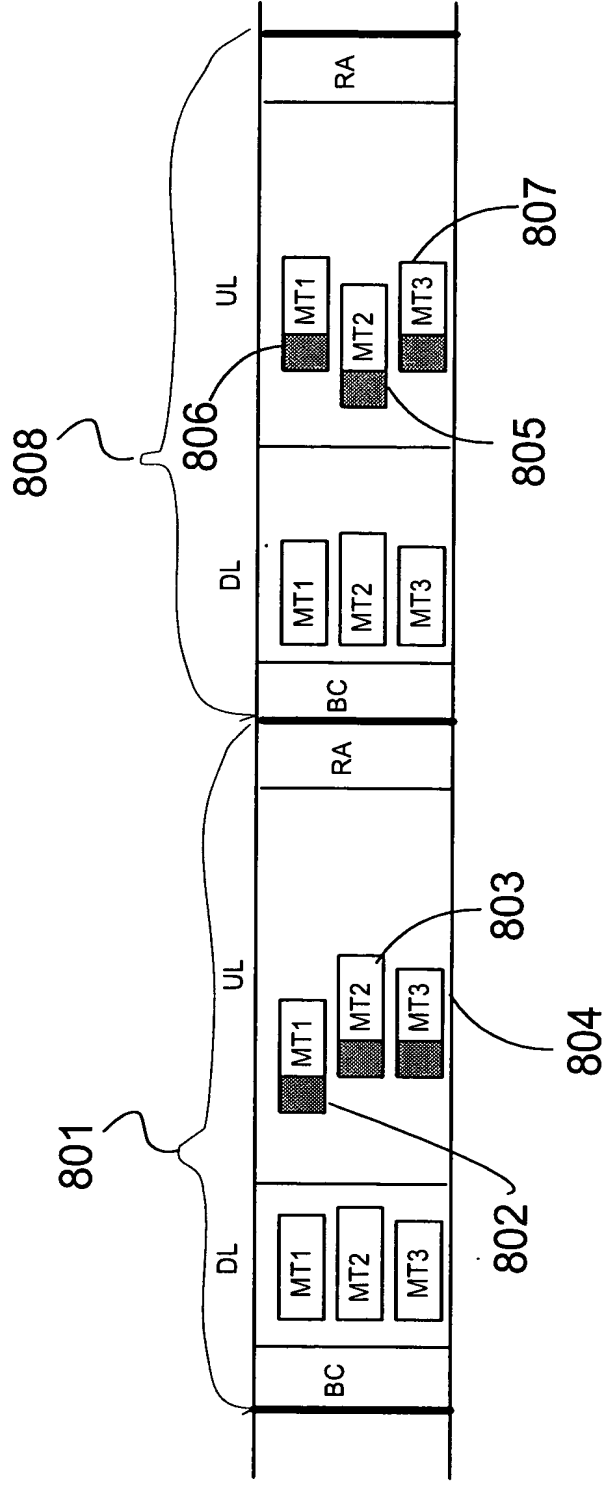


Fig. 8

MT1

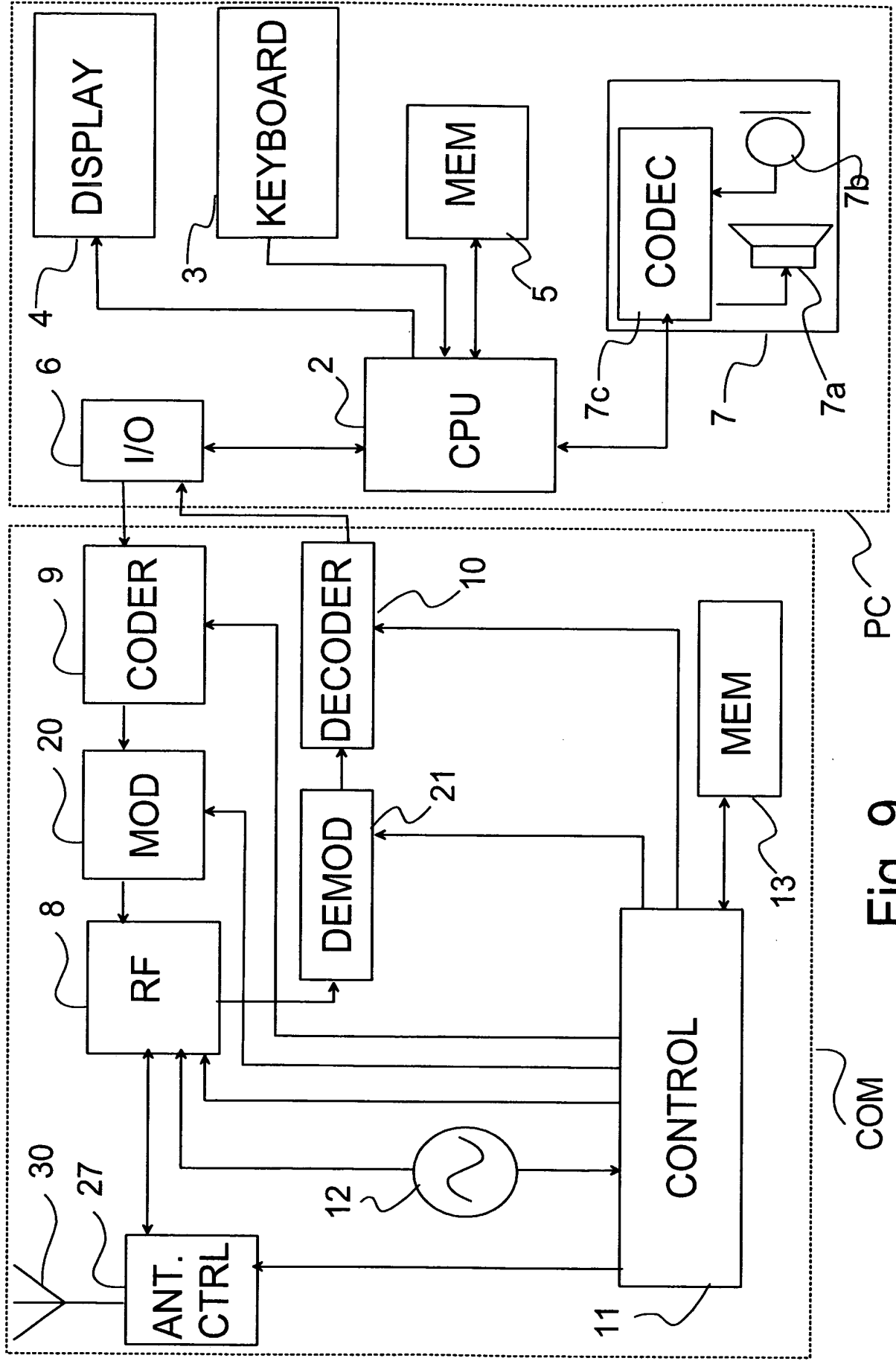


Fig. 9



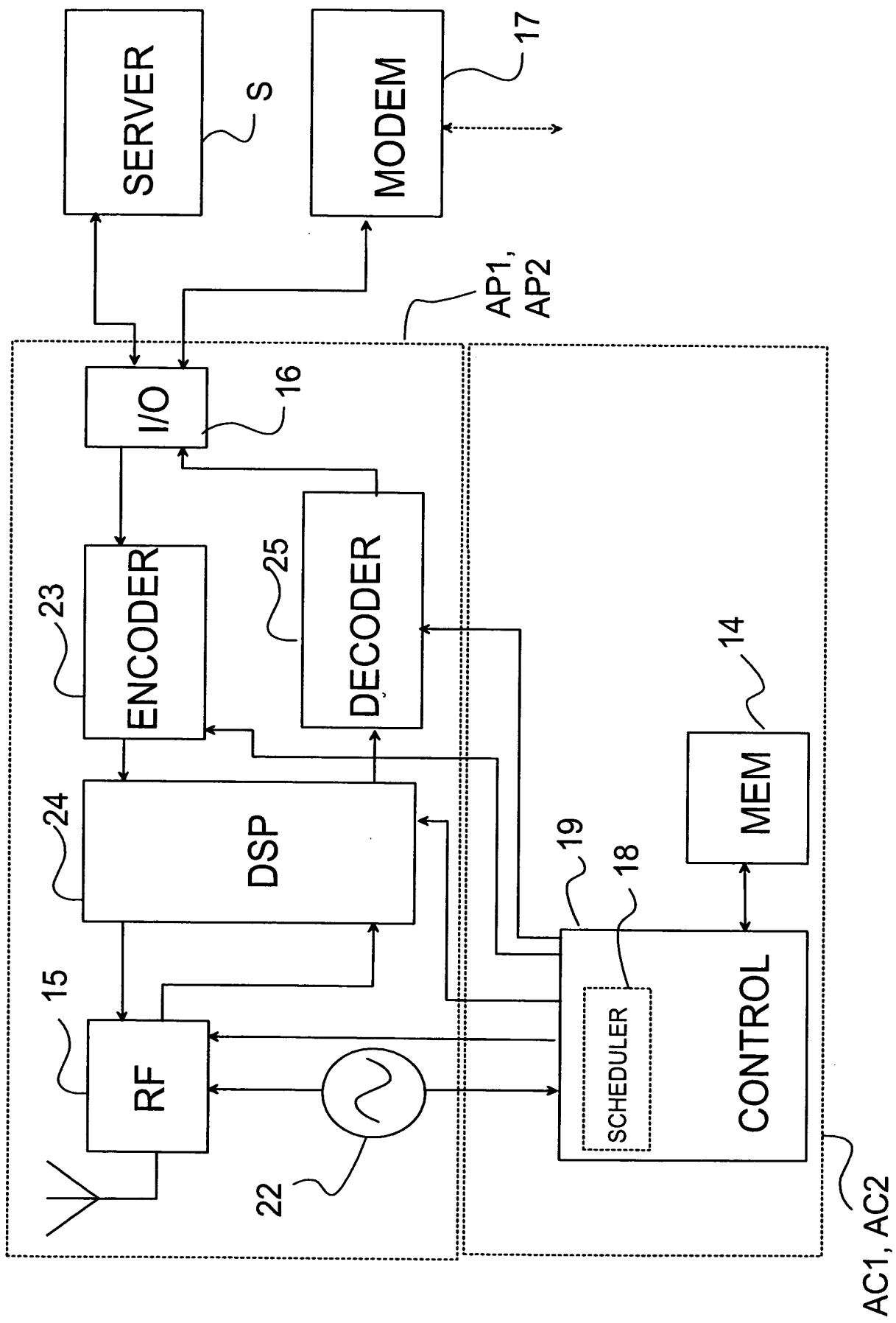


Fig. 10